Siegfried Wirsum

13

franco muzzio & c. editore

il libro dei miscelatori

manuali di elettronica applicata

dal piccolo miscelatore al grande tavolo di regia: indicazioni per la costruzione in proprio

Ognuno può costruirsi un proprio miscelatore, senza problemi e risparmiando sul costo. Questo manuale di costruzione guida il dilettante attraverso i segreti dei miscelatori di segnali sonori. Partendo dalla descrizione delle singole fonti di segnali, l'autore indica le tecniche di realizzazione di diversi modelli di mixer con speciali caratteristiche, l'effetto eco e vibrato adatti per ottenere una « atmosfera da studio ».

manuali di elettronica applicata 13

Siegfried Wirsum

il libro dei miscelatori

franco muzzio & c. editore

Presentazione

La serie dedicata agli amatori dell'elettroacustica, nell'ambito *dei manuali di elettronica applicata* si arricchisce di questo volume dedicato ai mixer. Il volume costituisce una esposizione sistematica ed esauriente delle caratteristiche e delle possibilità dei miscelatori di segnali acustici, elencandone i diversi tipi e fornendo gli schemi circuitali e le indicazioni per la costruzione. È anche compresa una rassegna delle varie sorgenti di segnale, la conoscenza delle cui caratteristiche è necessaria per la progettazione di un particolare mixer.
Senza tuttavia volerci dilungare in questa presentazione, consigliamo il lettore di esaminare il contenuto del testo. Un'occhiata all'indice generale e analitico è la più significativa conferma della sua validità.

Indice generale

1 Il mixer come strumento di regia

Il vastissimo campo d'impiego dei miscelatori nella tecnica di registrazione, riproduzione e trasmissione del suono in radiodiffusione, televisione, cinematografia e ausili audiovisivi è riconducibile ad uno scopo unitario, cioè all'attuazione di un processo di manipolazione dell'evento elettroacustico.
Questa partecipazione personale al processo di registrazione e riproduzione del suono richiede al tecnico una notevole sensibilità musicale ed artistica, oltre alla preparazione specifica. La conoscenza della partitura musicale e la padronanza del mezzo tecnico costituiscono il presupposto di base per un buon lavoro di mixaggio.

1.1 Chi necessita di mixer?

Chiunque voglia mescolare o sovrapporre senza discontinuità due o più fonti sonore deve servirsi di un mixer; con questo l'operatore sarà in grado, ad esempio, di inserire un comunicato importante nel bel mezzo di un programma musicale, fondendolo con questo, oppure di registrare su nastro magnetico un programma particolare, creato col concorso di più fonti sonore distinte. Il mixer, inteso come dispositivo atto a miscelare con perfetta continuità e secondo il gusto personale diverse fonti di programma sonoro, trova il suo naturale impiego nella festa famigliare, nella discoteca e negli impianti di registrazione sia professionali che di amatore.

1.2 I vari tipi di mixer

La concezione circuitale del mixer è determinata dal tipo e dalle modalità di manipolazione che il tecnico desidera o è chiamato a compiere sul processo di registrazione o riproduzione del suono. Per gli usi più semplici, è spesso sufficiente un mixer passivo, costituito da una coppia di dosatori e pochi altri compo-

nenti aggiuntivi. In altri casi, invece, è richiesto un mixer dotato di numerosi ingressi, equalizzatori, amplificatori, indicatori di livello, ecc.
Per una chiara visione del problema, occorre anzitutto prendere in esame i vari campi di applicazione del mixer; è l'applicazione, infatti, a determinare il tipo e le caratteristiche del mixer da utilizzare, come, ad esempio: numero di canali, possibilità di dosaggio e regolazione dei livelli, tipo di alimentazione, ecc., per indicare solo alcuni tra i vari criteri di scelta.
Prima di costruire o acquistare un mixer, occorre anzitutto fissare i requisiti ai quali il mixer deve soddisfare. Infatti il mixer va utilizzato con proprietà, in modo da sfruttare al massimo il relativo investimento economico.
Il mixer costituisce l'elemento chiave della catena di trasmissione ed elaborazione del suono. Pertanto esso deve adattarsi, dal lato entrata, alle caratteristiche elettriche della fonte di programma e, dal lato uscita, alle caratteristiche del registratore o amplificatore a cui va collegato. In altre parole, il mixer deve presentare la sensibilità ed impedenza di ingresso adatta alla sorgente del segnale come, ad esempio, microfono, rivelatore fonografico, testina magnetica, ecc., e nello stesso tempo deve fornire, in uscita, un segnale sufficiente a pilotare l'amplificatore di tensione o di potenza ad esso collegato. Il mixer, cioè, non deve nè venir sovrapilotato dalla sorgente del segnale, nè sovrapilotare l'amplificatore successivo, onde evitare fenomeni di distorsione.
Nella parte pratica di questo volume illustreremo una serie di mixer e relativi accessori per diverse applicazioni che possono venir riprodotti dall'autocostruttore colla certezza di buon funzionamento.

1.2.1 Requisiti fondamentali di un mixer

Il mixer, di qualsiasi tipo ed entità esso sia, deve rispondere ai seguenti requisiti:
Possibilità di miscelare tra loro diverse fonti sonore senza che

si manifestino effetti di rigenerazione e interazione reciproca: questa caratteristica è soddisfatta quando risulti possibile regolare, in qualsivoglia modo, i dosatori di mixaggio senza che vengano alterate le caratteristiche elettriche del canale come, ad esempio, il suo guadagno o attenuazione: la regolazione dei dosatori deve poter avvenire senza che si manifestino effetti secondari indesiderati e /o incontrollati.
Il mixer deve essere caratterizzato da un buon rapporto segnale/rumore. Esso cioè non deve generare rumore o soffio in modo che anche i «pianissimo» vengano riprodotti correttamente e senza scomparire nel rumore di fondo. In altre parole, in assenza di segnale d'ingresso, all'uscita del mixer non devono comparire nè soffio di fondo nè, tantomeno, ronzio d'alternata.
Il mixer deve lavorare senza distorsione. Esso non deve influenzare o degradare le caratteristiche del segnale in transito con restringimento di banda passante o, più in generale, con distorsione di qualsiasi natura.
Tutti i dispositivi di regolazione primaria e secondaria, come ad esempio potenziometri a cursore, correttori di tono, commutatori, ecc., devono essere disposti sul pannello in modo funzionale e chiaramente visibile. I regolatori di più frequente azionamento devono potersi maneggiare colla massima comodità.

1.2.2 Costruzione compatta o modulare?

Quando si progetta un mixer ci si trova sempre davanti all'alternativa: realizzazione di tipo compatto, cioè montaggio di tutto il circuito elettrico su un unico telaio ed in un unico contenitore, oppure realizzazione modulare con frazionamento dei singoli elementi funzionali in tanti moduli indipendenti tra loro. La scelta tra i due tipi di costruzione è determinata non solo da considerazioni tecniche, ma anche da esigenze economiche. Si darà la preferenza alla costruzione unitaria, o compatta, che dir si voglia, quando la filosofia del sistema non è eccessiva-

mente complessa e quando non si richieda una particolare flessibilità o modificabilità al sistema. Nella pratica della registrazione su nastro, sono in genere sufficienti mixer a 2-3 ingressi. L'autocostruzione di apparecchi del genere non presenta particolari difficoltà tecniche e non è neppure impegnativa sotto il profilo economico.

Col diffondersi dell'interesse per gli studi di registrazione e riproduzione del suono, aumenta il numero di amatori ed appassionati che desiderano servirsi di mixer in grado di soddisfare alle più svariate esigenze, di produrre effetti speciali, flessibili nell'impiego, facilmente modificabili e che, in caso di guasto, possano venir riparati colla massima facilità ed il minor dispendio di tempo possibile. Requisiti di questo genere sono caratteristici dei banchi di regia per radiodiffusione e incisione dischi; queste apparecchiature, dotate di tutte le più moderne raffinatezze tecniche, sono realizzate in tecnica modulare, a cassetti intercambiabili. I singoli elementi dell'apparecchiatura (come, ad esempio, preamplificatore microfonico, generatore di riverbero, alimentatore, indicatore di livello, ecc.) sono delle unità di dimensioni standardizzate che possono venir scambiate meccanicamente tra loro e interconnesse elettricamente in modo da soddisfare a tutte le necessità contingenti. Queste unità sono realizzate, in genere, nella forma di cassetti di dimensioni normalizzate, muniti di spinotti, così da poter venir facilmente estratti dalla consolle, intercambiati o riparati colla massima facilità e rapidità. Dal punto di vista dell'assemblaggio, questi cassetti vengono realizzati nello standard dei racks da 19''.

Grazie a questa tecnica modulare, basata sull'impiego di unità standardizzate come preamplificatore microfonico, equalizzatore, amplificatore separatore, amplificatore sommatore, amplificatore di monitoraggio e controllo, generatore di riverbero, indicatore di livello, ecc., è possibile realizzare economicamente grandi banchi di regia in tutte le possibili varianti richieste dalla filosofia del mixaggio.
Nella parte pratica di questo volume vengono perciò trattati non solo mixer passivi ed attivi di piccole dimensioni, ma anche

unità modulari facilmente combinabili tra loro; queste costituiscono gli elementi di base per la realizzazione di grandi banchi di regia in grado di produrre effetti sonori di vario genere. Si deduce pertanto che è possibile, in pratica, realizzare banchi di mixaggio per ogni qualsivoglia esigenza d'impiego.

2 Cosa si può mescolare?

Da miscelare sono i vari programmi, provenienti da fonti sonore indipendenti, addotte al mixer. Come fonte sonora si adattano praticamente tutti i trasduttori elettroacustici in grado di trasformare il suono in una grandezza elettrica. A questa categoria appartengono i vari tipi di microfoni, rivelatori fonografici, pick-up per strumenti musicali, i rivelatori optoelettronici, nonchè il gong elettrico. Sempre più frequentemente vengono utilizzati, come sorgenti sonore, miscelabili con altre fonti di programma: registratori a nastro, registratori a cassetta, radioricevitori (tuner), radiomicrofoni, ricevitori TV e generatori di riverbero.
In questo capitolo prenderemo anzitutto in esame le principali sorgenti di segnale audio. Infatti la conoscenza del loro modo di funzionamento e delle loro prerogative è essenziale ai fini del loro corretto adattamento al mixer. Il disadattamento tra sorgente di segnale e mixer è assai spesso fonte di «reclami» in merito all'effetto complessivo ottenuto. Riproduzioni distorte o attenuate, modulazione da ronzio, ecc., sono le conseguenze caratteristiche di tale disadattamento.

2.1 Microfono

L'attuale attività di ricerca e sviluppo nel campo dei microfoni è indirizzata sopratutto alla costruzione di microfoni fedeli, cioè di microfoni caratterizzati da una risposta lineare entro tutto il campo delle frequenze udibili e ciò anche se il microfono viene posto a breve distanza dalla sorgente sonora. Contemporaneamente si cerca di realizzare microfoni di piccole dimensioni, insensibili ai fattori ambientali, come variazioni di temperatura ed umidità.
Le caratteristiche elettriche ed acustiche del microfono dipendono ovviamente dal modo di funzionamento del trasduttore

elettroacustico. In bassa frequenza, i requisiti che il microfono deve presentare sono determinati dal tipo di applicazione specifica. Per un microfono di controllo, questi requisiti sono: robustezza, assenza di rigenerazione, maneggevolezza, scarsa rispondenza ai rumori derivanti dagli spostamenti dell'operatore, insensibilità ai rumori d'ambiente, possibilità di parlarci anche da molto vicino, ecc. Siccome il microfono di controllo serve unicamente per la trasmissione della parola, la sua risposta in frequenza, cioè la sua fedeltà di riproduzione, è di scarso rilievo.

2.1.1 Caratteristiche

Nella descrizione di un microfono vengono riportati in genere i seguenti dati tecnici:
— modo di funzionamento
— direttività
— coefficiente di conversione a vuoto
— impedenza elettrica e resistenza di carico nominale.

2.1.2 Principi di funzionamento

I vari tipi di microfono possono venir classificati in base al loro impiego specifico come: microfono per la trasmissione della parola o di controllo, per registrazione su nastro, da reportage, microfoni da misura, da studio, ecc. A seconda della loro esecuzione vengono distinti in: microfono a mano, a collare, da tavolo, a treppiede, ecc.
Dal punto di vista del modo di funzionamento, cioè del principio di funzionamento del trasduttore, i microfoni si distinguono in:
— microfoni a conduzione
— microfoni magnetici
— microfoni piezoelettrici
— microfoni dinamici
— microfoni a nastro
— microfoni a condensatore
— microfoni ad elettrete

2.1.2.1 MICROFONI A CONDUZIONE

I microfoni a conduzione sono del tipo a carbone. In questi, i granuli di carbone, contenuti in una vaschetta posta dietro e a contatto colla membrana, sotto l'azione delle vibrazioni provocate dalla sollecitazione sonora, modificano la loro resistenza di contatto e con ciò varia la conduttività elettrica dell'insieme. Affinchè un segnale elettrico venga generato, occorre ovviamente che il microfono sia attraversato da una corrente continua di base (10 ... 100 mA) ottenuta da una batteria da 3 ... 8 V. La capsula a carbone si comporta come una resistenza variabile e la corrente che la attraversa dà luogo, su di un carico esterno, ad una tensione che riproduce la forma della sollecitazione sonora. Ovviamente, per separare la componente continua dal segnale audio, necessita un trasformatore (traslatore microfonico), oppure un transistor. Agli albori della radiodiffusione, in studio si usavano esclusivamente microfoni a carbone sia pure in esecuzioni più raffinate. Attualmente, il microfono a carbone trova impiego unicamente per la trasmissione della parola nei telefoni e nei citofoni. I microfoni a carbone hanno una risposta in frequenza assai limitata (200 ... 2500 Hz) e sono caratterizzati da una «soglia» sotto la quale non danno origine ad alcun segnale elettrico. Di contro, hanno un'elevata sensibilità che arriva anche a 100 mV/μbar; la loro resistenza interna è dell'ordine di 100 ... 500 Ω. Il collegamento tra capsula microfonica e primario del traslatore non richiede perciò schermatura alcuna. Caratteristiche negative del microfono a carbone sono: elevata sensibilità alle vibrazioni, rumore di fondo non trascurabile e grande distorsione (da 10 a 50%).

2.1.2.2 MICROFONI MAGNETICI

La struttura del microfono magnetico è simile a quella del ben noto auricolare magnetico. Un magnete permanente costituisce il nucleo di una o due bobine. La membrana metallica, dispo-

sta vicino e ortogonalmente ai poli del magnete, è attraversata dalle linee di forza del campo magnetico. Quando la membrana vibra, sotto l'azione della sollecitazione sonora, il campo magnetico subisce una deformazione e, di conseguenza, nella bobina si induce una corrente variabile, la cui forma riproduce le vibrazioni della membrana. Questo principio di funzionamento trova applicazione in ispecie nei trasduttori per strumenti musicali; in questi, il ruolo della membrana è assunto dalle corde e la loro vibrazione si traduce in segnale elettrico.
Anche il gong elettrico è, in fondo, un trasduttore magnetico.
La resistenza interna del microfono magnetico è dell'ordine di 1 ... 5 kΩ e la sua sensibilità è compresa tra 5 e 10 mV/μbar.
Poichè risentono dei campi magnetici dispersi, questi microfoni devono stare lontano dai conduttori attraversati da correnti alternate. Data l'elevata impedenza interna, il cavo di collegamento all'amplificatore dev'essere schermato.

2.1.2.3 MICROFONI PIEZOELETTRICI

Nei microfoni piezoelettrici, il segnale viene generato dalla pressione meccanica su certuni cristalli, come i sali di Seignette. Si possono ottenere segnali notevolmente elevati, utilizzando un allineamento di più laminette di cristallo. Queste sono ancorate da un sol lato e la vibrazione sonora viene trasmessa da una membrana alla loro estremità libera. Anche i rivelatori fonografici a cristallo sfruttano lo stesso principio. I microfoni a cristallo hanno un'impedenza interna molto elevata, determinata sostanzialmente dalla capacità propria della o delle laminette. Di conseguenza, il cavo di collegamento tra microfono e amplificatore dev'essere molto ben schermato; inoltre, ad evitare l'effetto della capacità parassita, la lunghezza del cavo dev'essere limitata a 1 ... 3 m. Evidentemente il cavo va scelto tra quelli a bassa capacità, altrimenti questa va a modificare la risposta in frequenza del microfono. La gamma di frequenza riproducibile da parte di un microfono a cristallo di buona qualità va da 40 Hz a 12 kHz. La sensibilità è relativamente ele-

vata: 0,5 ... 3 mV/μbar su alta impedenza di carico. Data l'elevata impedenza interna del microfono a cristallo, anche l'amplificatore cui va collegato dev'essere ad alta impedenza di ingresso (0,5 ... 1 MΩ). Per la loro sensibilità alle vibrazioni meccaniche, all'umidità ed alle variazioni di temperatura, i microfoni a cristallo non possono venir sottoposti a grandi sollecitazioni ambientali. Meno sensibili all'umidità sono i trasduttori piezoceramici, che trovano anche altre applicazioni come, ad esempio, generatori e rivelatori di ultrasuoni. Anche in questi trasduttori, la lamina piezoceramica è ancorata ad una sola estremità, mentre l'altra è libera di vibrare sotto l'azione delle onde acustiche.
Il prezzo modesto e l'elevata tensione d'uscita rendono questo tipo di microfono particolarmente indicato per l'hobbista di elettronica. Per la sua insensibilità ai campi magnetici dispersi, per il piccolo peso e grande maneggevolezza, il microfono piezoelettrico trova applicazione, in diverse varianti, quale stetoscopio e fonendoscopio e, a funzionamento reciproco, come altoparlante da cuscino e come tweeter in unione a gruppi di altoparlanti per Hi Fi.

2.1.2.4 MICROFONI DINAMICI

Sotto questa denominazione vanno tutti quei microfoni che funzionano secondo il principio del trasduttore elettrodinamico. Questo si basa sul movimento trasmesso da una vibrazione sonora in un conduttore elettrico immerso in un campo magnetico stazionario, da cui consegue la generazione di una corrente indotta. In pratica il conduttore è costituito da una bobina, fissata alla membrana del microfono. Sotto l'azione delle onde sonore, la membrana vibra e la bobina, ad essa solidale, si immerge più o meno nel traferro di un magnete permanente (microfono a bobina mobile). In modo analogo, ma reciproco, funziona l'altoparlante dinamico a magnete permanente. Nel microfono a nastro, la bobina è sostituita semplicemente da un

leggerissimo nastro metallico, teso tra i poli di una potente calamita.
Nei microfoni a bobina mobile, la membrana è costituita in genere da una leggera calotta di alluminio, alla quale la bobina è fissata con mastice a prova di umidità e temperatura. La resistenza interna è dell'ordine di 200 Ω. Forniscono una tensione d'uscita di 1,5 ... 3 mV/μbar su 200 ... 500 Ω entro il campo di frequenza 60 ... 10.000 Hz. Il segnale generato dai microfoni dinamici di alta classe è più modesto (0,1 ... 0,2 mV) sempre su 200 Ω, ma la loro risposta in frequenza può andare da 40 Hz a 15 kHz. Il fattore di distorsione di questi microfoni è di circa 1%. Negli ultimi anni, la costruzione di microfoni dinamici ha raggiunto uno standard di alta perfezione, soprattutto grazie all'impiego di membrane e bobine di piccola massa, di sospensione particolari e della configurazione della carcassa in accordo alla sua funzione di cassa acustica.
I microfoni dinamici sopportano sollecitazioni notevoli, non richiedono manutenzione, sono di funzionamento molto sicuro e, per il collegamento all'amplificatore, non richiedono l'uso di cavi schermati, purchè la loro lunghezza non superi i 20 m e non corrano in vicinanza di campi magnetici variabili dispersi. Qualora l'amplificatore o il mixer utilizzato non avesse la necessaria sensibilità (1 mV), tra questi ed il microfono si inserirà un traslatore con impedenza primaria di 200 ... 500 Ω e rapporto di trasformazione 1/15 ... 1/30. Il secondario ad alta impedenza del traslatore potrà collegarsi direttamente all'ingresso dell'amplificatore avente una sensibilità dell'ordine di 3 ... 10 mV. Il traslatore potrà essere del tipo volante, in serie al cavo, oppure del tipo per montaggio a telaio.

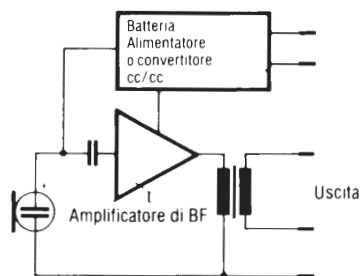
2.1.2.5 MICROFONI A NASTRO

Come già accennato, il microfono a nastro è un tipo particolare di microfono dinamico, caratterizzato dal fatto che il conduttore che si muove nel campo magnetico stazionario è qui

costituito da un leggerissimo nastro di alluminio. Dato che la resistenza elettrica del nastro è piccolissima (dell'ordine di 0,1 Ω), la tensione d'uscita del microfono a nastro è molto piccola. In pratica, il segnale che si presenta ai capi del nastro viene applicato ad un traslatore montato nelle sue immediate vicinane. La sensibilità è di circa 0,2 mV/μbar, mentre il campo di frequenza si estende da 60 a 10.000 Hz. Il microfono a nastro è particolarmente adatto per applicazioni musicali.

2.1.2.6 MICROFONI A CONDENSATORE

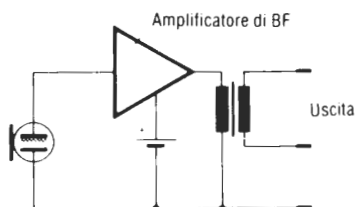
Il microfono a condensatore soddisfa alle più stringenti esigenze di fedeltà di riproduzione. Esso è costruito a mò di condensatore; una delle sue armature è fissa, mentre l'altra è una membrana leggera e sottile, sensibile alla pressione sonora. Il tipo di costruzione meccanica, la sua accuratezza e le modalità di sospensione di questo elettrodo a membrana contribuiscono in modo determinante al raggiungimento delle superiori caratteristiche elettriche e di riproduzione del microfono a condensatore; attualmente la membrana viene realizzata in plastica sottile; per renderne conduttiva la superficie interna, ci si serve di un procedimento di metallizzazione sotto vuoto.
Quando la membrana si muove, sotto l'azione della pressione sonora, viene a variare la sua distanza dall'armatura fissa e, con ciò, varia la capacità del condensatore. Poichè tra le due armature è immagazzinata una carica elettrica, al variare della capacità, di conserva con la vibrazione acustica, viene a variare anche la differenza di potenziale tra le armature. Questa d.d.p., che è il segnale fornito dal microfono, viene applicata all'ingresso del preamplificatore microfonico. La capacità del microfono è in genere di soli 50 ... 200 pF; pertanto se questo microfono venisse collegato ad un cavo, sia pure a bassa capacità e di limitata lunghezza, ne risulterebbe un'inaccettabile riduzione di sensibilità, oltre che un'alterazione della risposta in frequenza. Per tale motivo il microfono a condensatore viene

Fig. 1a Microfono a condensatore con preamplificatore integrato e alimentatore.

integrato con un sensibilissimo preamplificatore a stato solido e ad altissima impedenza d'ingresso, montato nella sua stessa custodia. In tal modo la lunghezza del collegamento tra capsula microfonica e preamplificatore si riduce a pochi centimetri.
Il preamplificatore microfonico integrato è costituito in genere da uno stadio di ingresso ad alta impedenza a Fet, seguito da due stadi di amplificazione in cascata equipaggiati con transistori al silicio a basso rumore, oltre ad uno stadio a trasformazione d'impedenza per il collegamento a bassa impedenza con il successivo amplificatore. La tensione continua di 50 ... 200 V, necessaria a caricare il condensatore microfonico, può venir derivata o da un adatto alimentatore, oppure può venir ottenuta da un convertitore cc/cc a transistor, attraverso un opportuno filtro di spianamento (fig. 1a).
La qualità di riproduzione dipende fortemente dalle caratteristiche di rumore del preamplificatore integrato nel microfono. Per ridurre questo effetto di degradazione della qualità, si costruiscono oggi microfoni a condensatore cosiddetti a radiofrequenza (RF), nei quali un oscillatore, ad esempio a 8 MHz, viene modulato in frequenza dalle variazioni di capacità della capsula, nel ritmo dell'onda sonora. Il microfono a condensatore a RF non richiede tensione di polarizzazione, nè costosi convertitori, nè alimentazioni perfettamente filtrate. Pertanto essi sono molto meno sensibili alle vibrazioni, alle variazioni di temperatura e all'umidità o all'interferenza di campi dispersi. Il consumo di corrente è molto limitato per cui è possibile ali-

mentarli con batterie contenute nella custodia del microfono stesso.
Dinamiche di 100 dB (1:100.000) e più non sono un'eccezione. Questi microfoni di alta classe, caratterizzati da elevata linearità di risposta, da fattori di distorsione dell'ordine di 0,1%, muniti di membrane prive di risonanze spurie, incontrano la preferenza da parte degli studi professionali per l'eccellenza dei risultati ottenibili. La registrazione di brani musicali, come concerti di pianoforte, che è particolarmente difficile, viene effettuata quasi esclusivamente con microfoni a condensatore.
Il microfono a condensatore copre una gamma di frequenze molto ampia e la sua curva di risposta non presenta risonanze spurie, la direttività è notevole ed il fattore di distorsione è estremamente ridotto. Per queste sue eccezionali caratteristiche, il microfono a condensatore trova impiego anche come trasduttore di misura. Con questo tipo di microfono è possibile misurare pressioni sonore fino a circa 5.000 μbar.

2.1.2.7 MICROFONI AD ELETTRETE

L'uso del microfono a condensatore, sia esso del tipo tradizionale o a RF, richiede pur sempre apparecchiature di alimentazione o accessorie particolari. Perciò l'impiego del microfono a condensatore esula in genere dalle possibilità dello studio di registrazione da amatore. Di recente però si è imposto un tipo di microfono a condensatore tecnicamente compatibile con le apparecchiature di cui dispongono gli amatori e gli appassionati di registrazione e Hi Fi: esso viene denominato microfono ad elettrete.
Questo tipo di trasduttore funziona sul medesimo principio del microfono a condensatore tradizionale, ma sfrutta in particolare l'effetto elettrete. Questo effetto non rappresenta una novità in quanto è stato scoperto nel 1925 da M. Eguchi. L'effetto elettrete consiste nel fatto che un materiale dielettrico, sottoposto ad un intenso campo elettrico, conserva nel tempo la carica indotta; questa carica può venir convenientemente utilizza-

Fig. 1b Microfono ad elettrete con preamplificatore e trasformatore d'impedenza.

ta per polarizzare gli elettrodi del microfono a condensatore. Ovviamente la capsula microfonica ad elettrete dev'essere intimamente collegata ad un Fet in funzione di trasformatore d'impedenza. Questo sarà seguito da un amplificatore plurista- dio, eventualmente in esecuzione integrata (IC), atto a fornire il segnale d'uscita su bassa impedenza. Capsula elettrete, e amplificatore e batteria vengono riuniti nella stessa custodia del microfono (fig. 1b).

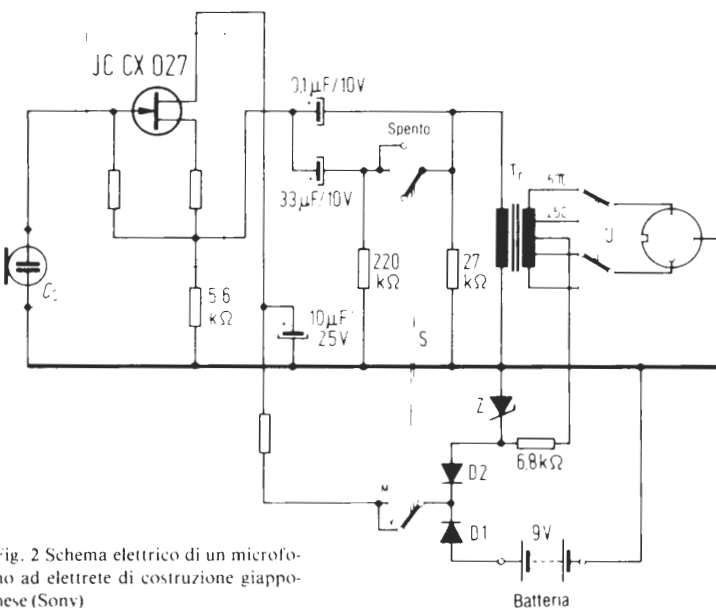



Fig. 2 Schema elettrico di un microfono ad elettrete di costruzione giapponese (Sony)

Il principio dell'elettrete non era stato sfruttato in precedenza nella realizzazione di microfoni a condensatore, perchè non si conosceva ancora un metodo atto a intrappolare la carica nel dielettrico in modo permanente, così come avviene, per il magnetismo, nelle calamite. Attualmente ciò si ottiene con un procedimento particolare, detto di polarizzazione, che consente di «congelare» una carica elettrica sufficientemente elevata in fogli sottili di polimeri plastici, in modo che questa vi si mantenga per tempi molto lunghi. Con questo procedimento si costruiscono oggi microfoni a condensatore di ottime caratteristiche, tecnicamente ed economicamente compatibili con le esigenze e possibilità dello studio da amatore.
In fig. 2 è riportato lo schema elettrico di un microfono a condensatore ad elettrete di costruzione giapponese. Esso è munito di un circuito integrato a Fet, seguito da un traslatore la cui uscita, simmetrica o asimmetrica, è commutabile da bassa a media impedenza (250 e 600 Ω). Il microfono può venir alimentato dalle pile incorporate oppure anche tramite un alimentatore dalla rete di distribuzione della corrente alternata. Il commutatore S consente di inserire un filtro adatto per la registrazione della musica (M) e della parola e/o rumore (V).

2.1.3 Microfoni speciali

2.1.3.1 TELEMICROFONI

Per effettuare certe misure acustiche o particolari registrazioni che richiedono il puntamento su sorgenti sonore specifiche, si impiegano microfoni speciali, detti telemicrofoni. Il telemicrofono consiste di un tubo lungo circa 2 m che viene puntato, a mò di cannocchiale, sulla sorgente da cui proviene il suono che si desidera captare. Con questo dispositivo è possibile discriminare una voce rispetto ad altre, o all'ambiente circostante, e registrare eventi acustici anche da grande distanza. Il trasduttore,

fissato ad un'estremità del tubo, è costituito in genere da un microfono del tipo dinamico.

2.1.3.2 MICROFONI A TRASDUTTORI MULTIPLI

Assiemando più capsule microfoniche, ciascuna con orientazione diversa, si ottiene un sistema dotato di caratteristiche direzionali particolari; queste possono anche venir variate, modificando l'orientamento delle singole capsule, rispetto all'insieme. Negli studi di radiodiffusione si utilizzano infatti microfoni a direttività variabile e, in particolare, microfoni la cui direttività può venir modificata, con continuità, mediante un telecomando che agisce sull'orientamento delle singole capsule microfoniche.

2.1.3.3 MICROFONI A RIFLETTORE PARABOLICO

Se il microfono viene posto nel fuoco acustico di un riflettore parabolico, la sua sensibilità aumenta di circa 20 dB, in accordo con la forma e le dimensioni del riflettore. Del pari, servendosi di più microfoni, tutti muniti di riflettore, è possibile aumentare sensibilmente il riverbero d'ambiente. Il riflettore parabolico, oltre a rendere il microfono molto più sensibile, ne migliora la risposta alle basse frequenze.

2.1.3.4 MICROMICROFONI SPIA (TRASDUTTORI SUBMINIATURA)

Il campo d'impiego dei micromicrofoni è molto vasto. Questi trasduttori miniaturizzati sono in genere del tipo magnetico, dinamico o piezoelettrico. Essi vengono utilizzati, ad esempio, nei dittafoni portatili, in elettromedicina, come pure nei microtrasmettitori spia detti, in gergo, «cimici». A questo proposito, ricordiamo al lettore che la costruzione e l'impiego di questi microtrasmettitori è espressamente vietato dalla legge.

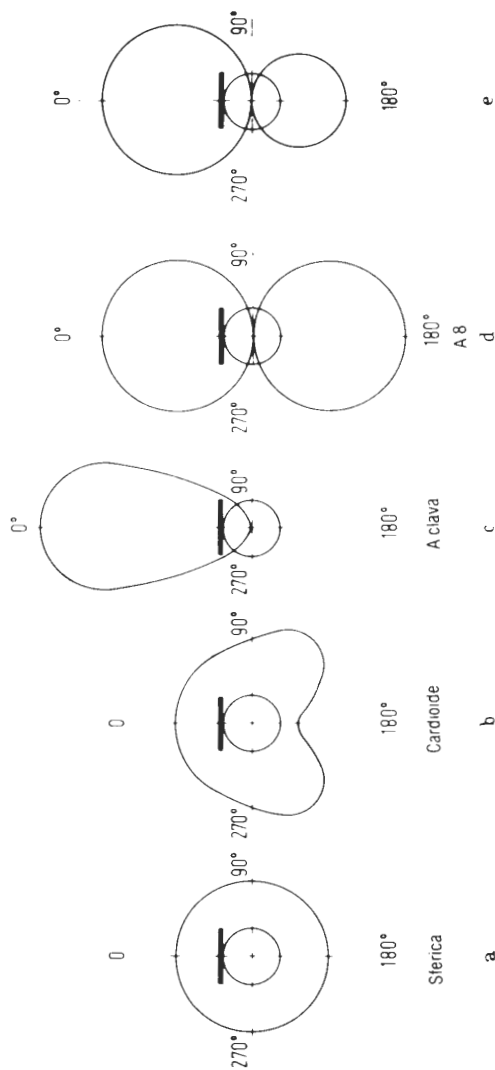



Fig. 3a...e Diagrammi di direttività

2.1.4 Caratteristiche funzionali — discriminazione spaziale del suono

A seconda del modo di funzionamento e del tipo di costruzione, i microfoni presentano caratteristiche di direzionalità specifiche. La direzionalità del microfono viene rappresentata mediante un diagramma circolare (polare), detto appunto «diagramma di direzionalità» che dà la sensibilità del trasduttore in funzione dell'angolo tra microfono e sorgente sonora.

Per tracciare il diagramma di direttività, si utilizza una sorgente sonora che emette una nota di frequenza costante; il microfono, eccitato da questa sorgente sonora, viene fatto ruotare su se stesso di 360° mediante un meccanismo di posizionamento sincrono con un registratore scrivente. Il tracciato del registratore fornisce così il livello del segnale generato dal microfono, in funzione dell'angolo d'arrivo dell'onda sonora, con riferimento all'angolo 0° (microfono e sorgente sonora allineati).

La direttività del microfono dovrebbe essere indipendente dalla frequenza della sollecitazione sonora; in pratica, però, si manifesta una certa dipendenza tra frequenza e direttività. Per ottenere la direttività complessiva del microfono in esame, questa viene rilevata a diverse frequenze e le relative curve, sovrapposte in un unico diagramma ed eventualmente tracciate con colori diversi, forniscono un quadro integrale della direttività del trasduttore.

I diagrammi di direttività più usuali e caratteristici sono riportati in fig. 3.

Il diagramma di fig. 3a mostra la direttività di un microfono a caratteristica sferica, che è ugualmente sensibile sotto tutti gli angoli d'incidenza dell'onda sonora. In genere vengono denominati microfoni sferici quelli che non manifestano alcuna particolare dote di direttività.

Il diagramma a cardioide è caratteristico dei microfoni sensibili unicamente dal lato anteriore (fig. 4). Cardiode significa, letteralmente, «figura a forma di cuore». Questo genere di microfoni si presta in particolare a discriminare il suono desiderato

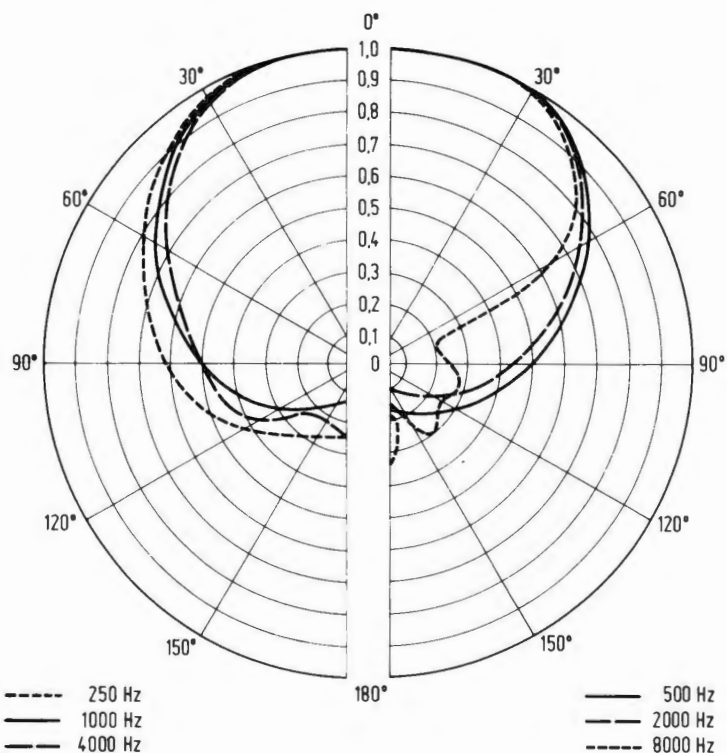



Fig. 4 Diagramma di direttività di un microfono direzionale da studio (Sennheiser Electronic MD 421)

da altri, indesiderati, provenienti da direzione diversa; essi manifestano pertanto scarsi effetti rigenerativi, per cui è possibile utilizzarli anche in prossimità dell'altoparlante senza che il sistema entri in oscillazione (fischi per effetto Larsen). Col microfono a cardioide, man mano che la sorgente sonora entra nella zona di sensibilità del trasduttore, aumenta il contributo dei toni bassi e quindi anche il timbro della riproduzione si modifica. Effetti di tal genere non sono invece ottenibili da micro-

foni a direttività sferica. Si noti che, parlando molto vicino al microfono, si generano segnali elettrici notevolmente ampi. Questi devono venir amplificati dal preamplificatore microfonico senza che intervengano distorsioni: ciò equivale a dire che il mixer deve essere dotato di ingressi «non-sovraccaricabili».
Anche il microfono a supercardioide presenta la massima direttività sul davanti. La sua sensibilità ai suoni di provenienza laterale è ancora minore. Di conseguenza, questo microfono assicura la massima protezione dalla rigenerazione acustica.
La scelta del microfono deve tener conto anche di altri criteri di valutazione come la sensibilità ai rumori ambientali e a quelli provocati dai movimenti dell'operatore (criterio fondamentale per la valutazione dei microfoni a collare), risposte particolari in frequenza, maneggevolezza, peso, forma (è il caso dei microfoni Lavalier, condizionati dal modo in cui sono portati). Ricordiamo infine i microfoni doppi, caratterizzati da due diverse caratteristiche di direttività.
Il microfono con direzionalità «a 8» è sensibile solo ai suoni che lo colpiscono sul davanti e sul dietro, mentre è insensibile ai suoni di provenienza laterale (fig. 3d).
L'impiego di microfoni direzionali consente anche di sopprimere suoni e rumori indesiderati. Il tecnico del suono deve scegliersi il microfono più adatto in funzione dell'ambiente, del sito di installazione del microfono, dell'acustica ambientale e del tipo di programma da registrare.
Il commercio offre, a prezzi diversi, microfoni con caratteristiche direzionali variabili, con uscita a bassa (200 Ω), media (500 ... 3000 Ω) ed alta (10 kΩ) impedenza e con preamplificatore incorporato. L'uso di un set microfonico, completo di accessori elettroacustici, dà all'operatore la più vasta possibilità di adattamento alle condizioni d'impiego nonchè alle modalità di collegamento alle apparecchiature di amplificazione, mixaggio, registrazione o incisione.

2.1.5 Rapporto segnale/rumore e interferenze da campi magnetici dispersi

Nella valutazione del dispositivo microfonico bisogna considerare il rapporto segnale/rumore nonchè il livello dei segnali spuri dovuti a campi magnetici dispersi.
Il rapporto segnale/rumore tiene conto del fatto che anche lo stesso microfono, essendo un dispositivo elettroacustico, genere un «rumore» (noise) o soffio che si sovrappone al segnale utile.
La qualità di riproduzione dei microfoni dinamici è inoltre influenzata dagli eventuali campi magnetici variabili dispersi.
Questi possono indurre segnali disturbo quando provengano da conduttori attraversati da correnti alternate, ad es. quelli della rete di distribuzione dell'energia elettrica; passando in prossimità della bobina mobile del microfono, vi inducono una tensione disturbo, che si traduce in ronzio d'alternata. I microfoni dinamici di qualità sono perciò protetti da un'efficace «schermatura magnetica» (ad esempio in Mumetal), oppure anche da una cosidetta bobina di compensazione.

2.1.6 Sensibilità

La sensibilità di un microfono viene definita dal rapporto tra la forza elettromotrice (f.e.m.) fornita dal trasduttore in mV e la pressione sonora in μbar. 1 μbar corrisponde, all'incirca, ad un milionesimo della pressione atmosferica. Quando si parla in un microfono alla distanza di 0,5 ... 1 m, la pressione sonora sulla membrana è di circa 1 μbar. Ciò da un'idea grossolana dell'entità di questa unità di misura.

2.1.6.1 IL FATTORE DI CONVERSIONE A VUOTO

La f.e.m. alternata di bassa frequenza che si manifesta ai morsetti d'uscita di un microfono, non caricato su alcuna resisten-

za esterna è detta anche «segnale a vuoto». Il fattore di conversione a vuoto dice quale è l'effettiva tensione di bassa frequenza presente all'uscita del microfono quando questo è sottoposto, nello spazio libero, ad una pressione sonora di 1 μbar. Non è altro, quindi, che il rapporto tra la tensione d'uscita effettiva e la pressione sonora (mV per μbar). Il fattore di conversione a vuoto dipende dalla frequenza; pertanto bisogna specificare la frequenza alla quale è stato misurato (ad esempio 1.000 Hz). La denominazione «a vuoto» sta per il fatto che il rilevamento viene fatto in ambiente aperto e senza caricare il microfono, cioè senza chiudere la sua uscita, ad esempio, sull'impedenza d'entrata di un amplificatore. In tal modo si ottiene il reale rendimento del trasduttore che trasforma energia acustica in energia elettrica.
Ai fini di una riproduzione fedele dell'evento sonoro, il fattore di conversione a vuoto deve variare il meno possibile colla frequenza, la posizione del microfono e l'intensità della sollecitazione acustica. Solo così la trasformazione delle vibrazioni sonore in correnti elettriche di bassa frequenza avverrà con linearità entro tutto il campo delle frequenze audio. Nell'acquistare un microfono di qualità, oggi si pretende giustamente che esso sia corredato da un protocollo di misura con il grafico ottenuto tramite registratore scrivente. Questo foglio misure fornisce in pratica il comportamento del microfono al variare della frequenza; esso consente pertanto di valutare le effettive prestazioni elettroacustiche del trasduttore.

2.1.6.2 QUALE È L'ENTITÀ DEL SEGNALE UTILE?

Conoscere l'entità del segnale fornito dal microfono significa poter stabilire a priori la sensibilità ed i requisiti di sovraccaricabilità del mixer da utilizzare in unione ad esso. Il livello del segnale d'uscita del microfono è funzione della pressione sonora cui questo è sottoposto e viene dato in termini di mV per μbar. Se si parla in un microfono, a voce normale, alla distanza di 20 cm, la pressione sonora risultante è di circa 6 μbar. Volen-

do conoscere quale tensione di bassa frequenza il microfono è in grado di dare, in queste condizioni, basta moltiplicare questi 6 μbar per la sensibilità del trasduttore; se questa è, ad esempio, di 0,2 mV/μbar, si ottiene: 6 μbar × 0,2 mV/μbar = 1,2 mV. Se poi il microfono è collegato ad un traslatore avente rapporto di trasformazione 1:15, al suo secondario, trascurando le perdite, otterremmo una tensione microfonica di 15 × 1,2 mV = 18 mV. In tal caso, la sensibilità dell'ingresso microfonico dovrà essere di 10 mV e la sua impedenza interna elevata onde non caricare il secondario del traslatore che è, appunto, ad alta impedenza. L'impiego del traslatore presuppone che l'impedenza d'entrata dell'ingresso microfonico sia maggiore di 50 kΩ, al fine di non alterare la curva di risposta del microfono.
I microfoni vengono adattati per il miglior trasferimento del segnale e non per il miglior trasferimento energetico. Pertanto l'impedenza d'entrata del mixer o amplificatore dovrà essere almeno 5 volte maggiore dell'impedenza d'uscita del microfono. Utilizzando un traslatore tra microfono e amplificatore, l'impedenza interna del microfono, vista dal lato secondario del traslatore, risulterà moltiplicata per il quadrato del rapporto di trasformazione. Se questo è N = 1:20, la tensione al suo secondario sarà 20 volte maggiore di quella applicata al primario, mentre l'impedenza sarà 400 volte più grande. In pratica, i rapporti di trasformazione, anche i più modesti, risultano eccessivi dal punto di vista della trasformazione di impedenza.

2.1.7 Impedenza interna — resistenza nominale di carico

La misura del fattore di conversione a vuoto viene fatta a morsetti d'uscita aperti, cioè senza caricare il microfono con resistenze esterne di chiusura.
Quando si misura l'impedenza elettrica di un microfono, la tensione da esso fornita, ad una determinata frequenza, deve essere accompagnata da una corrispondente corrente. L'impe-

denza elettrica di un microfono, spesso denominata «resistenza interna» o «impedenza di sorgente», viene specificata in genere alla frequenza di 1.000 Hz. Per i microfoni dinamici questa impedenza è, in genere, dell'ordine di 200 Ω (misurati direttamente ai capi della bobina mobile). La resistenza di carico dà la misura della resistenza sulla quale il microfono può venir chiuso. In molti tipi di microfono, impedenza interna e resistenza di carico hanno lo stesso valore. Se solo uno dei due valori è dato dal costruttore, la resistenza di carico può essere 5 volte più grande dell'impedenza elettrica (il valore più basso è quello relativo alla resistenza di carico nominale).

2.1.8 Microfoni Hi Fi

I requisiti di qualità minima cui devono soddisfare i microfoni per la riproduzione ad alta fedeltà in ambienti chiusi sono fissati dalle norme tedesche DIN 45500. In base a tali norme, la gamma di frequenza riproducibile deve andare da 50 Hz a 12.500 Hz con una tolleranza che non superi i limiti definiti dal grafico di fig. 5. La curva nominale del microfono deve giacere

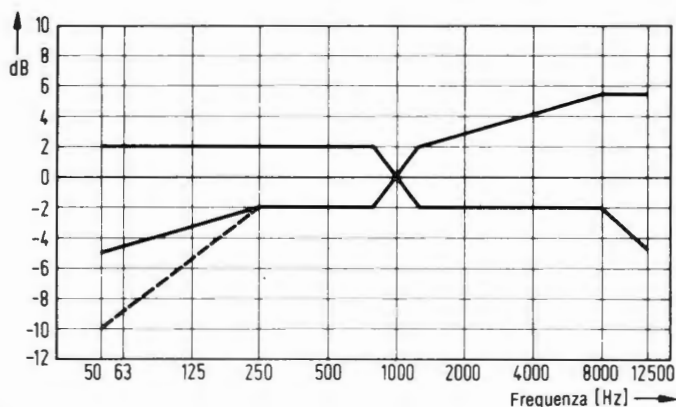



Fig. 5 Tolleranza della risposta in frequenza dei microfoni secondo le norme DIN 45500

entro la zona di tolleranza e l'effettivo andamento della sensibilità (curva reale) deve corrispondere abbondantemente a quella teorica, senza picchi di risonanza spuria. Il diagramma di direttività dev'essere il più possibile indipendente dalla frequenza. Il fattore di distorsione, tra 250 e 8.000 Hz dev'essere minore dello 1% per un segnale d'uscita corrispondente ad una pressione acustica di 100 μbar, corrrispondente al livello sonoro di 114 dB. Per i microfoni stereofonici, la differenza di livello tra i due canali, rispettivamente tra le due capsule, non deve eccedere i 3 dB. Ovviamente, nel caso di microfoni per Hi Fi, devono essere specificati: direzionalità, fattore di conversione a vuoto, impedenza elettrica e resistenza nominale di carico, nonchè le modalità di connessione del microfono all'amplificatore.
Nel collegare microfoni stereofonici, occorre rispettare la polarità, specie quando le capsule microfoniche sono separate. Infatti, se la polarità del collegamento non è quella giusta, si verifica una degradazione della qualità di riproduzione, in particolare nell'ambito delle note basse. Infatti l'evento sonoro che interessa le due capsule ne fa vibrare le membrane in modo sincrono; pertanto, le due capsule vanno collegate in modo che i due segnali di bassa frequenza, da esse prodotti, siano anch'essi in fase tra loro.

2.1.8.1 LIMITE DI SOVRACCARICABILITÀ — DISTORSIONE

Quando si parla molto vicino al microfono, le forti pressioni sonore risultanti danno luogo a segnali di bassa frequenza di notevole ampiezza. Lo stadio di ingresso del mixer attivo, o dell'amplificatore, dev'essere in grado di accettarli ed elaborarli senza introdurvi distorsione apprezzabile. Il preamplificatore microfonico deve pertanto avere una riserva di dinamica (di norma da 5 a 20 volte), perchè solo così si può garantire la fedeltà della riproduzione. I microfoni dinamici possono manipolare segnali relativamente intensi; nel caso di mi-

crofoni a condensatore non si devono assolutamente superare i limiti massimi ammissibili, specificati dal costruttore.

2.1.9 Classificazione dei microfoni a seconda del modo di funzionamento

A seconda del modo di funzionamento, i microfoni possono venir classificati come segue:

2.1.9.1 TRASDUTTORI A PRESSIONE

In questi trasduttori, la membrana viene posta in vibrazione unicamente dalla pressione acustica, mentre è irrilevante la posizione del microfono rispetto al campo sonoro. La direttività risultante è di tipo sferico, per cui i microfoni di questo genere sono sensibili alle onde acustiche indipendentemente dalla direzione dalla quale provengono. La direttività rimane sferica sia per sorgenti sonore vicine che per sorgenti sonore lontane.

2.1.9.2 TRASDUTTORI A VELOCITÀ E A GRADIENTE DI PRESSIONE

In questo tipo di trasduttore, la membrana è posta in vibrazione non solo dalla pressione sonora, ma anche dalle variazioni di pressione sonora tra il davanti ed il dietro della membrana. Il suono raggiunge il davanti della membrana attraverso delle aperture opportunamente dimensionate, mentre ne sollecita il retro, passando in un apposito condotto. La direttività di questi microfoni dipende dal dimensionamento e dalla geometria delle aperture frontali e del condotto posteriore (microfoni direzionali). La direzionalità dipende però anche dalla distanza tra sorgente sonora e microfono.

2.1.10 Circuiti microfonici

Il collegamento tra microfono ed amplificatore può essere di tipo simmetrico oppure asimmetrico (fig. 6a...c).
Nel caso di collegamento simmetrico, entrambi i terminali del microfono sono isolati dallo schermo del cavo di collegamento.
Ovviamente questo tipo di collegamento presuppone che anche l'ingresso dell'amplificatore o del mixer sia simmetrico.
Ciò può ottenersi, in pratica, mediante l'uso di un traslatore avente primario e secondario galvanicamente isolati tra loro. I terminali del primario risultano in tal caso isolati sia dallo schermo del cavo che dal telaio dell'apparecchiatura e sono collegati unicamente ai reofori del microfono.
Questo tipo di circuito è in effetti un po' più complesso ma, di contro, consente l'uso di cavi microfonici più lunghi e che non richiedono schermature in senso assoluto. Il collegamento simmetrico è particolarmente insensibile ai disturbi esterni, come ad esempio campi alternati dispersi: infatti, questi vengono a interessare entrambi i conduttori contemporaneamente per cui le tensioni disturbo indotte tendono ad annullarsi a vicenda (effetto di autocompensazione). In casi particolari, i trasduttori ad alta impedenza interna vengono collegati al cavo che va all'amplificatore tramite un traslatore in discesa che ne abbassa l'impedenza a 60 ... 200 Ω; all'altro estremo del cavo, un traslatore analogo rialza l'impedenza al valore richiesto dall'ingresso microfonico dell'amplificatore. Questo tipo di collegamento risulta estremamente insensibile ai campi alternati dispersi ed ai segnali spuri in genere.
Un altro vantaggio derivante dall'adozione del collegamento simmetrico tra diverse apparecchiature connesse a terra è che lo schermo del cavo non dà origine a «tratte di ronzio». Queste tratte di ronzio, per ritorno multiplo di massa, sono spesso causa di cattivo funzionamento complessivo, specie quando il sistema comprende varie unità alimentate dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica.

Fig. 6a Collegamento simmetrico

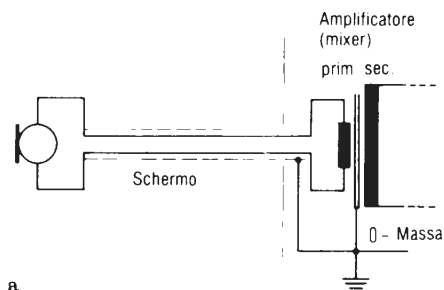



Fig. 6b Collegamento asimmetrico

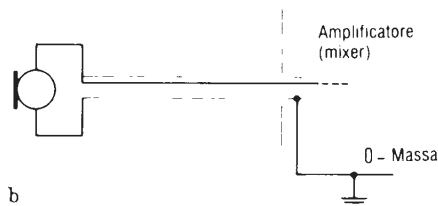
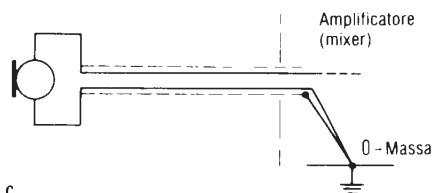



Fig. 6c Collegamento asimmetrico realizzato con cavo schermato bipolare

Il collegamento simmetrico consente di separare galvanicamente tra loro i circuiti d'entrata e quelli di uscita dei vari apparati interconnessi. Ciò migliora sostanzialmente la sicurezza complessiva di funzionamento. Pertanto, nella realizzazione di apparecchiature professionali, si adotta di norma il collegamento di tipo simmetrico. Quale cavo microfonico si impiega un cavo schermato a due conduttori, rispondente a particolari specifiche.
Nel caso di collegamento asimmetrico (fig. 6b), il segnale di bassa frequenza viene trasferito attraverso un unico conduttore.

Il ritorno è allora affidato alla calza schermata del cavo unipolare, che va collegata alla massa oppure ad un punto a potenziale zero dell'amplificatore o mixer. Questo tipo di collegamento viene adottato solo quando la lunghezza del cavo è modesta perchè, altrimenti, le correnti di ritorno potrebbero dare origine a ronzii.
Un collegamento asimmetrico più sicuro si può realizzare mediante un cavo schermato bipolare (fig. 6c); il secondo conduttore costituisce, in tal caso, il ritorno del segnale e va collegato, assieme alla calza schermante, al telaio, rispettivamente ad un punto a potenziale zero dell'amplificatore o del mixer. La calza schermante, però, va messa a massa solo ad un'estremità del cavo e precisamente dal lato amplificatore. Altrimenti il vantaggio derivante dall'uso del cavo bipolare (fig. 7a, b) andrebbe perduto perchè si formerebbe ancora una volta un doppio ritorno di massa. Le correnti di ritorno devono fluire unicamente nel conduttore a ciò riservato e non nella calza di schermo.
Questo tipo di collegamento, realizzato con cavo bipolare

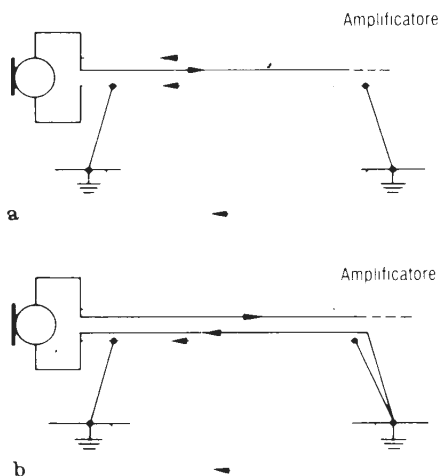



Fig. 7a e b Collegamento microfonico errato per doppio ritorno di massa

schermato, va adottato solo quando non sia assolutamente possibile realizzare il collegamento simmetrico.

2.1.10.2 COLLEGAMENTO AD ALTA O A BASSA IMPEDENZA?

Mentre i microfoni a cristallo richiedono un ingresso microfonico ad alta impedenza (200 k ... 1 MΩ), quasi tutti gli altri tipi di microfono e, in particolare, quelli dinamici possono venir terminati su un'impedenza indifferentemente alta o bassa. Esistono anzi dei microfoni dinamici estremamente versatili che sono provvisti di un traslatore interno ad autotrasformatore, il cui secondario è munito di prese così da consentire il collegamento sia a bassa (200 Ω) che ad alta impedenza (15 kΩ) (fig. 8a, b).
In fig. 9a ...c sono illustrati collegamenti microfonici ad alta, media e bassa impedenza.
Quando la lunghezza del collegamento microfonico è notevole, è opportuno far ricorso ad un'uscita a 200 Ω; in tal caso il circuito d'ingresso del mixer dev'essere munito di traslatore adatto per questa terminazione e avente un rapporto di trasformazione in salita di 1:15 ... 1:50. Il collegamento tra microfono e

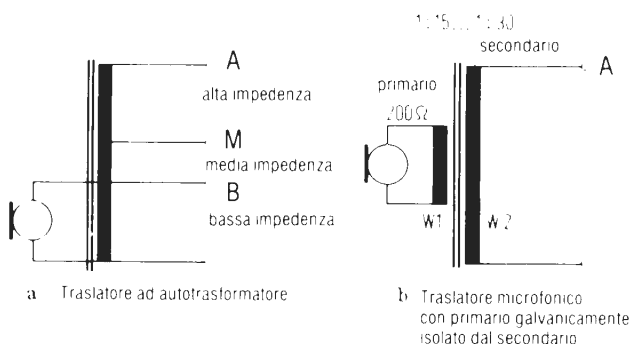



Fig. 8a e b Traslatori microfonici

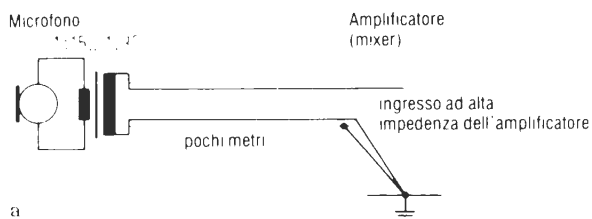



Fig. 9a Collegamento ad alta impedenza e relativo cavo (collegamento asimmetrico)

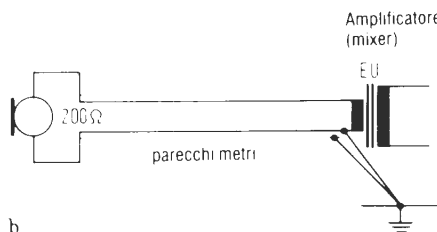



Fig. 9b Collegamento a media impedenza e relativo cavo (collegamento asimmetrico)

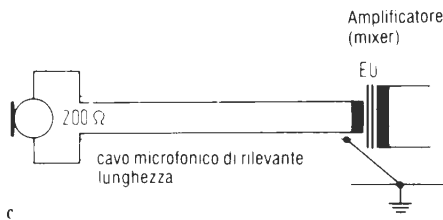



Fig. 9c Collegamento a bassa impedenza e relativo cavo (collegamento simmetrico)

mixer può venir realizzato sia in modo simmetrico che in modo asimmetrico.
L'adattamento ad alta impedenza tramite traslatore viene adottato in particolare quando la lunghezza del cavo microfonico è di pochi metri e l'amplificatore, ad alta impedenza d'entrata, è poco sensibile.
In unione ai registratori a nastro completamente transistorizzati si usano normalmente microfoni cosidetti a media impedenza, aventi una resistenza interna compresa tra 500 Ω e 3 kΩ. In tal caso, anche se il cavo microfonico è lungo parecchi metri, non è necessario ricorrere al traslatore. Infatti, il più delle volte, la sensibilità dell'amplificatore è sufficiente. Naturalmente il cavo microfonico dev'essere del tipo schermato.
I microfoni piezoelettrici possono venir collegati unicamente ad amplificatori e mixer sufficientemente sensibili aventi impedenza d'ingresso elevata. Poichè la capacità parassita del cavo modifica la curva di risposta del microfono, la lunghezza del collegamento non può superare i 3 metri ed anche in tal caso il cavo deve presentare una capacità propria minore di 50 pF.

2.2 Riproduttore fonografico — pick-up

Tra le sorgenti di segnale di bassa frequenza bisogna ricordare anche i riproduttori fonografici con i vari tipi di pick-up. Il pick-up, o testina rivelatrice, è un trasduttore elettromeccanico che trasforma le ondulazioni del solco, percorso dalla puntina del pick-up, in segnali elettrici esattamente proporzionali a tale ondulazione.

Tra i rivelatori fonografici si annoverano:

- pick-up piezoelettrici a cristallo o ceramici
- pick-up a induzione: magnetici o dinamici
- pick-up a condensatore
- pick-up optoelettronici
- pick-up a semiconduttore

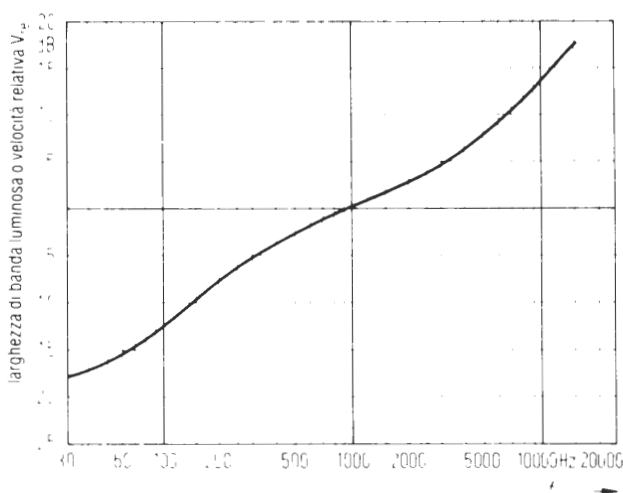



Fig. 10 Caratteristica di incisione dei dischi

2.2.1 Il processo di incisione dei dischi

Se si incidesse un disco con la stessa intensità sonora, cioè con segnali elettrici di ampiezza costante, entro tutta la gamma delle audiofrequenze tra 30 e 15.000 Hz, le ondulazioni del solco risulterebbero enormi alle basse frequenze e piccolissime alle alte, tanto piccole da far scomparire il segnale rivelato nel rumore di fondo. A parte l'antieconomicità di un tale sistema che ridurrebbe la durata della riproduzione per la necessità di aumentare la distanza tra i solchi contigui onde evitarne la reciproca interferenza, la qualità di riproduzione risulterebbe inaccettabile, specie alle alte frequenze.

Colla tecnica attuale del microsolco, i segnali vengono incisi ad ampiezza costante entro tutto il campo delle frequenze audio. All'aumentare della frequenza, aumenta anche la cosidetta «velocità», che è quella colla quale vibra la puntina. In tal modo l'ampiezza delle oscillazioni risulta buona anche alle frequenze più elevate, per cui anche l'ampiezza del segnale elettri-

co rivelato è rilevante rispetto al fruscio di fondo. Nel contempo anche le frequenze più basse vengono riprodotte fedelmente. Poichè l'utilizzazione del disco è ottimale (registrazione a lunga durata), col procedimento del microsolco si ottiene una riproduzione oltremodo fedele.
Nel caso della stereofonia, le due informazioni sonore vengono incise nel solco a 45° l'una dall'altra.

2.2.2 Pick-up piezoelettrici

Le vibrazioni della puntina vengono trasmesse al cristallo piezoelettrico sotto forma di forza di flessione, pressione e trazione. La differenza di potenziale che si manifesta ai capi del cristallo, per effetto piezoelettrico, è proporzionale all'ampiezza delle oscillazioni meccaniche della puntina; pertanto non vi è necessità di correggere la risposta in frequenza del rivelatore. Il segnale generato dal pick-up a cristallo va da 100 mV ad 1 V, a seconda del tipo e della qualità della testina. I rivelatori piezoelettrici stereo di alta classe danno luogo in genere a segnali dell'ordine dei 100 mV. Pertanto i riproduttori fonografici equipaggiati con pick-up piezo possono venir collegati direttamente all'amplificatore senza necessità di preamplificazione ed equalizzazione di frequenza. L'ingresso dell'amplificatore, o mixer che sia, dev'essere ad alta impedenza affinchè la risposta in frequenza del pick-up non venga alterata. Se l'impedenza di ingresso dell'amplificatore fosse troppo piccola, la riproduzione delle basse frequenze risulterebbe fortemente attenuata. Il cavo di collegamento tra pick-up ed amplificatore dev'essere corto in modo che la sua capacità non alteri la risposta del rivelatore. Inoltre esso dev'essere schermato a due conduttori e la calza schermante va connessa a massa ad una sola delle sue estremità, dal lato del giradischi, oppure da quello dell'amplificatore.
Attualmente nei pick-up piezoelettrici, si impiegano anche trasduttori ceramici che sono praticamente insensibili all'umidità. Grazie al progresso tecnologico, la curva di risposta delle ceramiche piezoelettriche è molto lineare. Purtroppo il pick-up pie-

zoceramico richiede una certa (ca. 5 g) forza di compressione; poichè questa è determinata dalla pressione di appoggio, cioè in definitiva dal peso del rivelatore, ne consegue un certo logorio del disco.

2.2.3 Pick-up a induzione — principio elettromagnetico

A questa categoria appartengono i trasduttori magnetici e dinamici.
Nel pick-up magnetico, il segnale viene fornito dalla corrente indotta in una bobina stazionaria immersa in un campo magnetico che si sposta di conserva colle vibrazioni della puntina. In pratica, l'armatura reggi-puntina porta, alla sua estremità, un magnetino permanente, della grandezza di una capocchia di spillo, immerso in una bobina solidale colla carcassa del pick-up. Quando la puntina vibra, il magnetino, muovendosi rispetto alla bobina nel ritmo delle ondulazioni del solco, induce in questa una forza elettromotrice e questa costituisce il segnale utile.
Nei pick-up dinamici, solidale con l'armatura reggi-puntina è invece una bobinetta, mentre il magnete permanente è fisso. Quando la bobinetta si muove rispetto al magnete, in essa si genera una f.e.m. d'induzione, la cui forma riproduce le ondulazioni del solco percorso dalla puntina.

2.2.3.1 EQUALIZZAZIONE

Per la legge dell'induzione, la f.e.m. fornita dal trasduttore elettromeccanico è proporzionale alla velocità colla quale vibra il nucleo magnetico rispetto alla bobina, oppure questa rispetto al magnete. Di conseguenza l'entità del segnale fornito dal trasduttore che legge un disco ad ampiezza costante dipende dalla frequenza delle oscillazioni. Pertanto si dovrà ricorrere ad un processo di equalizzazione in modo da correggere la non-linearità di risposta derivante dal processo di incisione del disco

(fig. 10). Questa manipolazione del segnale fornito dal pick-up avviene nel cosidetto «amplificatore di equalizzazione», che è caratterizzato da una curva di risposta speculare rispetto a quella di incisione. Il livello di segnale ottenibile dai pick-up magnetici è molto modesto; pertanto l'amplificatore equalizzatore ha anche un'altra funzione, cioè quella di preamplificare il segnale con un guadagno di circa 100 volte (40 dB).

2.2.3.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL PICK-UP A INDUZIONE

L'induttanza propria dei rivelatori magnetici è compresa tra 50 e 500 mH. La resistenza elettrica della bobina va da 200 a 1.500 Ω. L'impedenza, misurata a 1 kHz, è pertanto di 300 - 5 kΩ. Di conseguenza la resistenza di carico va scelta intorno ai 47 kΩ (20 ... 60 kΩ). Ulteriori dati relativi ai pick-up magnetici sono raccolti in Tavola 1.

2.2.3.3 IL FATTORE DI CONVERSIONE

Nell'adattare un complesso fonografico Hi Fi ad un mixer, è importante conoscere le caratteristiche che questo deve presentare per poter poi pilotare l'amplificatore di potenza. Tra queste: sensibilità, impedenza d'ingresso, tipo di equalizzazione.
I requisiti minimi dei complessi fonografici sono stabiliti dalle norme industriali tedesche DIN 45538. Il fattore di conversione viene espresso come rapporto tra la f.e.m. fornita dal trasduttore e la velocità che lo sollecita. Esso viene definito, in particolare, dalle norme DIN 1320 relative alle misure elettroacustiche (ad esempio sui microfoni). Il fattore di conversione varia ovviamente con la frequenza e con la resistenza di carico.
In genere — ma l'eccezione conferma la regola — i pick-up magnetici, anche se la loro risposta in frequenza è ottima, sono caratterizzati da piccoli fattori di conversione. Infatti, la riduzione della massa della puntina, l'aumento della sua elasticità e

Tavola I - Pick-up elettromagnetici - dati tecnici

Modello	ADC-550xE	STS 244-E	AME	V 15 Typ II
Costruttore	Audio Dynamics Corp. USA (ADC)	Electroacustic GmbH (Elac)	Pickering USA	Shure Brothers, INC. USA
Modo di funzionamento	Magnetico a induzione	Magneto-dinamico	induz. Magnet	A magnete mobile
Gamma di frequenza	10...20 000 Hz ±3 dB	20...20 000 Hz	20...20 000 Hz	20...25 000 Hz
Attenuazione di diafonia	25 dB	22 dB	>30 dB	>25 dB
Max. differenza di uscita a 1 kHz		<2 dB		±2 dB
Fattore di conversione	0,91 mVp/cm	1,8 mVp/cm	1 mVp/cm	0,7 mVp/cm
Organo lettore	Punta di diamante			Diamante VN 15 E
Raggio di curvatura della puntina	7/18 μ	1/18 μ biradiale	7,5/17 μ biradiale	5×18 μ biradiale
Massa in movimento	0,3 mg			
Modulo di elasticità della puntina	35×10^{-6} cm/dyn.	18×10^{-6} cm/dyn.	30×10^{-6} cm/dyn.	
Pressione di appoggio consigliata	0,75–1,5 p	1,5–3 p	0,5–1,5 p	0,75–1,5 p
Angolazione verticale	15°	15°	15°	secondo norme DIN

la diminuzione della pressione di appoggio vanno necessariamente a detrimento del fattore di conversione; il suo valore è dell'ordine di 1 mVs/cm ... 3 mVs/cm. Il fattore di conversione dei pick-up dinamici è ancora minore. Esistono dei rivelatori dinamici di alta classe, il cui equipaggio mobile è addirittura

montato nel vuoto, onde aumentarne il fattore di conversione, cioè il livello del segnale utile.
I rivelatori a induzione sono particolarmente sensibili ai campi dispersi di ogni genere, per cui devono essere protetti con adatte schermature sia elettriche che magnetiche. A questo proposito è bene ricordare che l'impiego di pick-up magnetici di qualità condiziona le caratteristiche non solo dell'amplificatore (sensibilità, impedenza di ingresso, risposta in frequenza, ecc.) ma anche del braccio e del giradischi. Ciò è desumibile anche dal fatto che la pressione di appoggio, cioè il peso col quale il pick-up grava sul disco, è molto piccola (0,5 g). Il braccio deve perciò presentare le caratteristiche meccaniche adatte, come perno senza attrito, su cuscinetti a sfere, dispositivo antiskating, errore tangenziale minimo, ecc. Il giradischi, poi, deve mantenere le varie velocità con assoluta costanza, non deve dar origine a rumori di rotazione o a vibrazioni; il piatto dev'essere in materiale non ferromagnetico e perfettamente bilanciato. Infine tutta l'incastellatura del giradischi va montata su sospensione elastica antimicrofonica.
L'ottimo di riproduzione si ottiene solo quando tutti gli elementi del sistema e cioè pick-up, braccio, piatto e motorino giradischi sono perfettamente adattati tra loro. Le specifiche di qualità minima dei complessi fonografici sono stabilite dalle norme industriali tedesche DIN 45538.

2.2.4 Pick-up stereofonici

La lettura di un disco stereofonico, nel quale due informazioni sonore distinte sono contenute nello stesso solco, e precisamente nei suoi due fianchi, avviene con un procedimento analogo a quello più sopra descritto. Una speciale sospensione articolata consente alla puntina di vibrare in due direzioni, a 45° l'una dall'altra. Al rivelatore stereo si richiede che i due canali siano elettricamente equivalenti e, nello stesso tempo, indipendenti tra loro. La diafonia tra i due canali non deve superare i 20 dB (a 1.000 Hz) e la risposta in frequenza dei due canali dev'essere

quanto più possibile identica. Solo se questi presupposti sono verificati, si ottiene una vera e naturale riproduzione stereofonica.
Il pick-up stereo è in grado di leggere anche dischi monoaurali. Questa compatibilità deriva dal fatto che, nella lettura di incisioni monoaurali, i due canali forniscono segnali in fase tra loro. È invece da sconsigliare la lettura di dischi stereo da parte di una testina monoaurale: infatti, a causa del tipo di sospensione della puntina e della maggiore pressione di appoggio, si andrebbe incontro ad un deterioramento del disco.

2.2.5 Pick-up a condensatore

Nel pick-up a condensatore, la capacità del trasduttore varia in accordo con l'informazione contenuta nell'ondulazione del solco percorso dalla puntina. Essendo una delle armature del condensatore meccanicamente collegata con la puntina, le vibrazioni di quest'ultima si traducono in variazione della distanza tra l'elettrodo fisso e quello mobile; l'elettrodo fisso è solidale con la carcassa del pick-up, mentre quello mobile è costituito da una membrana estremamente sottile. La corrente di polarizzazione del condensatore, costituito dalle due armature, fluendo attraverso una resistenza di carico di alto valore, dà origine al segnale che, preamplificato, va a pilotare l'amplificatore o il mixer. La tensione di polarizzazione viene fornita da un alimentatore che, in genere, è contenuto nello stesso complesso giradischi, unitamente al preamplificatore e all'equalizzatore.
Se il pick-up a condensatore è del tipo elettrete, la sorgente di tensione di polarizzazione è superflua. Le caratteristiche di questo tipo di rivelatore fonografico sono molto buone. La ditta giapponese Pioneer produce, sotto la denominazione C 40 1 S, un pick-up ad elettrete che pesa solo 6,5 g e richiede una pressione di appoggio sul disco di soli 1,5...2 g; entro la gamma di frequenza 20 ... 35.000 Hz esso fornisce un segnale di 40 mV (a 1 kHz 5 cm/sec) con distorsione 0,8%. L'impedenza

d'uscita è di 10 kΩ, il modulo di elasticità della puntina 12 × 10^{-6} cm/dyn (100 Hz). Sotto la denominazione SZ — 200 viene fornito l'adatto preamplificatore e amplificatore-equalizzato; questo complesso, pilotato con un segnale di 30 mV (1 kHz), fornisce un'uscita di 200 mV con distorsione entro le norme RIAA. L'impedenza di uscita è di 50 kΩ ed il rapporto segnale/rumore 70 dB. Per l'alimentazione di questo apparato, che è a circuiti integrati ed assorbe solo 14 mW, sono sufficienti delle pile da 2 × 9 V del tipo per radiolina a transistor. Per una riproduzione lineare, l'amplificatore da collegare a questo dispositivo dovrà essere caratterizzato da una sensibilità di 200 mV con impedenza d'ingresso di 300 kΩ.

2.2.6 Pick-up optoelettronici

Nei rivelatori fonografici di tipo optoelettronico si utilizza una sorgente luminosa che, mediante un sistema di specchi, viene diretta su una fenditura dell'armatura reggi-puntina; le vibrazioni di quest'ultima modulano il fascio luminoso che attraversa la fenditura e questo, diaframmato e opportunamente concentrato, illumina un fototransistor. Il segnale elettrico fornito dal fototransistor riproduce pertanto le vibrazioni della puntina, cioè le ondulazioni del solco. Ai fini di una riproduzione fedele, è necessario l'impiego di un preamplificatore equalizzatore. Il segnale utile è di circa 200 mV su 10 kΩ. In assenza di preamplificazione ed equalizzazione, il pick-up optoelettronico fornisce tensione fino a 150 mV (1 kHz 5 cm/s) su un'impedenza interna di 10 kΩ. Il campo di frequenza riproducibile si estende da 20 Hz a 40 kHz e la diafonia è di circa — 30 dB a 1 kHz.

2.2.7 Pick-up a semiconduttori

2.2.7.1 PICK-UP A SEMICONDUTTORI PRESSOSENSIBILI

In quest'epoca di totale transistorizzazione, vengono prodotti

anche semiconduttori al silicio che funzionano, intrisecamente, da trasduttori elettromeccanici. Da un punto di vista concettuale, sono dei transistori pressosensibili, cioè dei semiconduttori la cui conducibilità varia in funzione della sollecitazione meccanica applicata (pressione, trazione). Questi dispositivi vengono impiegati anche nei misuratori di pressione, nelle bilance, nonchè nei microfoni.
In genere è la giunzione base-emettitore ad essere interessata dalla sollecitazione meccanica e perciò è a questa giunzione che viene collegata, meccanicamente, la puntina esploratrice. Le vibrazioni della puntina fanno variare la conducibilità della giunzione; pertanto non è necessaria alcuna equalizzazione del segnale. Le tensioni necessarie al funzionamento del pick-up vengono ricavate da un alimentatore a circuiti integrati. Le caratteristiche elettroacustiche di questi pick-up optoelettronici sono molto favorevoli: gamma di frequenza riproducibile 20 ... 20.000 Hz, diafonia -25 dB (1 kHz), rapporto segnale/rumore migliore di 45 dB. I dispositivi fotosensibili integrati forniscono segnali d'uscita di livello fino a 200 mV (1 kHz 5 cm/sec) con resistenza interna di 2,5 kΩ. La loro puntina esploratrice presenta una buona elasticità e la pressione di appoggio richiesta è dell'ordine di 1 ... 2 p. Ovviamente il segnale fornito dal trasduttore può anche venir corretto in frequenza in modo da poter essere applicato direttamente ad un ingresso di equalizzazione TA_{mgn}.

2.2.7.2 PICK-UP A SEMICONDUTTORI MAGNETOSENSIBILI—RIVELATORI FONOGRAFICI DEL FUTURO?

È probabile che, in un prossimo futuro, si possano usare, come rivelatori fonografici, anche i semiconduttori magnetosensibili. Questi sono costituiti da una coppia di transistori in configurazione differenziale. A riposo, le correnti di collettore sono bilanciate ma, sotto l'effetto di un campo magnetico, la corrente in uno dei due collettori aumenta mentre nell'altro collettore diminuisce, sicchè tra i due collettori si stabilisce una differen-

za di potenziale, proporzionale all'intensità del campo magnetico applicato. Questa d.d.p., essendo una funzione lineare dell'intensità di campo, può venir utilizzata per le più diverse applicazioni. Le esperienze in corso dimostreranno se e fino a qual punto i semiconduttori magnetosensibili siano utilizzabili come rivelatori fonografici o come microfoni.

2.3 Registratori a nastro magnetico

Il registratore a nastro magnetico costituisce una sorgente di programma assai preferita e, per così dire, «creativa». Le innumerevoli possibilità di documentazione, ripetizione, assemblaggio, copiatura e manipolazione fanno del registratore a nastro uno strumento di prim'ordine e consentono all'amatore di sonorizzare diapositive e pellicole, di realizzare documentari parlati e musicali di ogni genere, nonchè di registrare programmi radiofonici per uso privato e per la loro conservazione nel tempo.
Nel collegare un registratore a nastro ad un mixer, bisogna tener presente che quasi tutti i modelli di buona qualità forniscono un'uscita in tensione con i livelli compresi tra 200 mV e 2 V. L'impedenza di uscita va da 600 Ω a 50 kΩ. La maggior parte dei registratori è provvista di un regolatore di livello che consente di adattarli correttamente al successivo amplificatore o mixer che sia.
L'ingresso «registratore» del mixer, rispettivamente dell'amplificatore, non occorre abbia una grande sensibilità; è sufficiente che questa sia conforme con il livello d'uscita del registratore e che la sua impedenza interna sia di circa 100 kΩ. Al pari del pick-up piezo e del tuner, il registratore a nastro magnetico è una sorgente sonora di tipo lineare che, perciò, non richiede l'impiego di particolari dispositivi correttori di risposta. Di contro, il cosidetto «tape-desk», almeno nella sua versione primitiva, che, oltre alla parte meccanica, comprendeva unicamente una testina di lettura, necessita, per la sua scarsa uscita, di preamplificazione ed equalizzazione. Attualmente,

sotto la denominazione tape-desk, vanno anche piastre di registrazione/riproduzione di alta qualità, mancanti unicamente dell'amplificatore di potenza e dell'altoparlante; sono però munite di preamplificatore; equalizzatore e generatore di bias e cancellazione, cioè di tutti quei dispositivi accessori che sono necessari per l'incisione e la riproduzione, ad eccezion fatta della parte di potenza.

2.4 Registratori a cassetta

Negli ultimi tempi, accanto al registratore a nastro, in cui questo è avvolto su bobine di vario diametro, si è imposto, per la sua semplicità e maneggevolezza, il registratore a cassetta. La qualità di riproduzione delle cassette è stata sostanzialmente migliorata in seguito all'adozione di particolari circuiti (ad esempio il circuito Dolby) che riducono il fruscio di fondo, e all'impiego di nuovi materiali per il nastro (biossido di cromo). Di certo, in futuro, il registratore a cassetta con caratteristica di Hi Fi si diffonderà sempre di più.

Per l'amatore, però, l'impiego di cassette presenta ancora delle difficoltà d'ordine pratico, specie per quanto concerne il «cutting», cioè il taglio e la successiva giunzione di spezzoni di nastro. Pertanto l'amatore preferisce servirsi, per le sue registrazioni, di cassette in disuso che vengono prima cancellate e poi reincise. Anche il registratore a cassetta del tipo «portatile per tutti» ha trovato una notevole diffusione.

I registratori a cassetta mono o stereo in esecuzione semiprofessionale sono caratterizzati da una tensione d'uscita di 0,3 ... 1 V su impedenze di 600 Ω ... 500 kΩ. Essi possono benissimo venir utilizzati come fonti di programma. Il mixer o amplificatore da utilizzare in unione con questi registratori deve avere una sensibilità dell'ordine di grandezza accennata ed impedenza d'ingresso di 100 kΩ.

2.5 Il radioricevitore — il tuner

Non si può concepire un impianto Hi Fi senza radioricevitore; analogamente, il radioricevitore è indispensabile all'amatore della registrazione sonora.
Il radioricevitore, o meglio i suoi circuiti a radiofrequenza hanno il compito di captare i segnali radio e di trasformarli in segnali di bassa frequenza.
Come ricevitore si può utilizzare un normale apparecchio radio, munito di un'uscita a valle del diodo rivelatore, oppure un apparato apposito, privo di amplificatore audio. I ricevitori per radiodiffusione forniscono, su questa uscita, un segnale dell'ordine di 0,3 ... 1,5 V con impedenze interne comprese tra 600 Ω e 50 kΩ. I mixer-amplificatori, o mixer attivi, caratterizzati cioè da un certo guadagno, per essere collegabili al radioricevitore, devono avere una sensibilità di 300 mV ed una impedenza di ingresso di almeno 100 kΩ. L'impedenza d'ingresso del mixer deve cioè essere maggiore di R_a.
Attualmente molti programmi UHF vengono irradiati in stereofonia. Del resto, praticamente solo le emissioni UHF hanno caratteristiche di Hi Fi. Pertanto, per il nostro scopo, vanno presi in considerazione particolarmente i ricevitori per UHF che sono sensibili, selettivi e hanno il limitatore di disturbi, oltre al decodificatore stereo; quest'ultimo consente di separare le informazioni di destra e di sinistra che vengono trasmesse simultaneamente nello stesso canale radio. Questi radioricevitori, detti anche tuner, possono essere concepiti per la ricezione delle sole UHF, oppure anche delle onde medie, corte e lunghe. Nella gamma UHF, le trasmissioni avvengono in «multiplex» e pertanto, con un apparecchio siffatto, è possibile sia l'ascolto stereofonico che quello monoaurale; in tal caso però andrà perduta l'informazione spaziale e quindi la plasticità della trasmissione. I parametri elettrici che contraddistinguono i ricevitori Hi Fi come, ad esempio, separazione dei canali, intermodulazione, sovraccaricabilità, distorsione, ecc., sono fissati dalle norme industriali tedesche DIN 45500.

2.6 Radiomicrofoni

Tra i ricevitori di un'informazione sonora da elaborare in un impianto di mixaggio ed amplificazione, vanno annoverati anche i cosidetti «radiomicrofoni» che consistono in microfono, trasmettitore e ricevitore. L'uso del radiomicrofono libera chi lo porta dell'impaccio del cavo e gli consente quindi una grande mobilità nell'ambiente. I radiomicrofoni vengono impiegati soprattutto nei servizi di radiodiffusione, televisione e reportage. Microfono e trasmettitore costituiscono, in genere, una sola unità e le dimensioni di questa non superano quelle di un microfono tradizionale (talora, però, la capsula è indipendente dal trasmettitore ed è collegata a questo da un cavetto munito di connettore). Il radiomicrofono può essere tenuto comodamente in mano, oppure può venir applicato all'intervistato a mò di microfono a collare. Ovviamente il radiomicrofono dev'essere omologato e denunciato. Il più delle volte, questi radiomicrofoni lavorano su frequenze prefissate: 36,7 37,1 37,9 MHz. Talora le frequenze vengono assegnate, di volta in volta, nella gamma 30 ... 45 MHz; per il servizio in istudio, la frequenza di lavoro viene scelta intorno ai 160 MHz. La potenza utile del trasmettitore va da 1 mW ad 1 W; il sistema di trasmissione è FM.
Il ricevitore del radiomicrofono viene realizzato come apparecchio portatile, con alimentazione da batterie oppure dalla rete. Per una deviazione di 40 kHz, ad antenna adattata, il segnale demodulato ha un'ampiezza compresa tra 0,775 e 2 V. L'uscita è sollevata da massa e l'impedenza interna va da 30 a 1.000 Ω. La risposta in frequenza è piatta tra 50 Hz e 15 kHz. Per l'uso di radiomicrofoni è sufficiente che il mixer abbia una sensibilità di questo ordine di grandezza ed un'impedenza d'ingresso di 10 kΩ.

2.7 L'audio del segnale TV

Anche l'audio della TV viene spesso utilizzato quale fonte di programma ed inviato all'amplificatore o al mixer. Molti tele-

visori dell'ultima generazione sono provvisti di un'uscita a valle del rivelatore, per il collegamento ad un registratore a nastro oppure ad un amplificatore esterno Hi Fi.
Se un televisore, del tipo ad alimentazione universale (cioè privo del trasformatore di alimentazione) viene modificato con l'aggiunta di un'uscita audio, è assolutamente necessario rispettare le norme di sicurezza: infatti questo tipo di apparecchi ha il telaio sotto tensione, per cui il contatto con questo può anche risultare letale. Il segnale audio, fornito dal rivelatore a rapporto, va inviato ad un traslatore; questo deve essere schermato con mumetal in modo da non risentire dei campi alternati dispersi, in particolare di quelli del giogo di deflessione e va tenuto il più possibile lontano sia da questo che dai conduttori di rete. L'isolamento tra i suoi avvolgimenti e tra questi ed il pacco lamellare deve essere provato a 2.000 V (50 Hz). La risposta in frequenza di un traslatore di qualità è piatta tra 40 Hz e 15 kHz; il rapporto di trasformazione può andare da 1:1 a 10:1; la resistenza di sorgente sarà di circa 50 kΩ. L'ampiezza del segnale disponibile (fig. 11) è compresa tra 50 e 500 mV a seconda del tipo di traslatore impiegato e del rapporto R1/R2.

I reofori del secondario, nonchè il connettore, devono essere isolati dal telaio. Il segnale proveniente dal televisore potrà essere applicato ad un mixer attivo avente una sensibilità di 100 mV e impedenza d'ingresso di 50 kΩ. Il cavo di collegamento

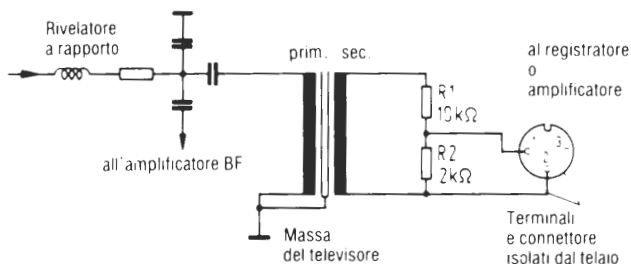



Fig. 11 Uscita audio di un televisore

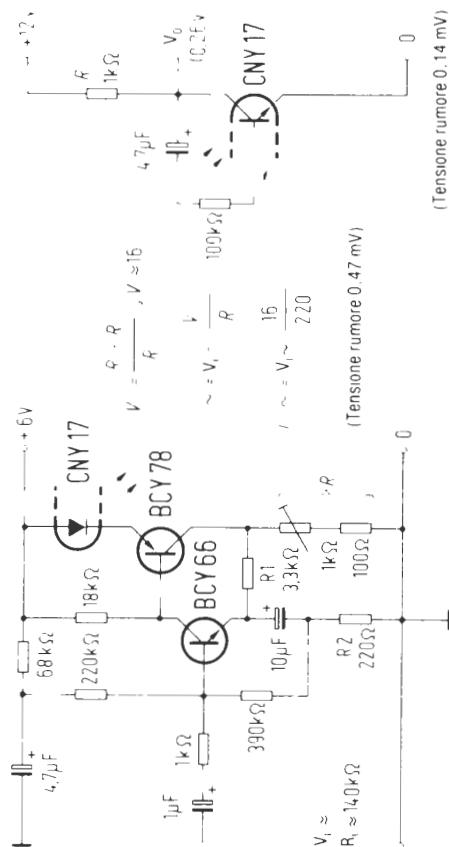



Fig. 11a Trasmissione del segnale audio mediante accoppiatore optoelettronico (Siemens) — Soluzione senza traslatore e ad alto isolamento galvanico

dovrà ovviamente essere del tipo schermato e la calza sarà connessa a massa unicamente da un lato, e precisamente dal lato registratore, mixer o amplificatore.
Per collegare il televisore al mixer, il progettista può ricorrere anche agli accoppiatori optoelettronici che trasmettono il segnale di bassa frequenza pur mantenendo gli apparati galvanicamente isolati tra loro. In fig. 11a è riportato lo schema elettrico di un dispositivo optoelettronico del genere, mediante il quale è possibile trasmettere il segnale audio da un apparato all'altro senza continuità galvanica e senza che si manifestino tratte di ronzio.

2.8 I raggi infrarossi — trasmissione del segnale su fascio di luce

La trasmissione di informazioni con fasci di luce è venuta di attualità colla comparsa, sul mercato, di ottimi diodi luminescenti. La trasmissione dell'informazione audio può avvenire anche nel campo dall'infrarosso, cioè mediante una luce che non è percepita dall'occhio umano; allo scopo si usano diodi all'arseniuro di gallio, caratterizzati da una lunghezza d'onda di 950 nm, modulabili in ampiezza. L'efficienza di questi diodi si aggira sul 5 ... 8% e diminuisce all'aumentare della frequenza del segnale modulante. Contrariamente alla lampada ad incandescenza, che pure irradia nell'infrarosso, i diodi luminescenti si lasciano modulare anche a frequenze di qualche centinaio di kHz.
La rivelazione del fascio infrarosso modulato dall'informazione audio avviene per mezzo di fotodiodi al silicio. Questi sono spesso muniti di un filtro per la miglior discriminazione del segnale IR dalla luce ambiente. La loro risposta si estende pure fino alle frequenze audio più elevate.

2.8.1 Vantaggi — il lavoro di studio reso più facile

Con i raggi infrarossi si ottiene una ricezione fedele dell'infor-

mazione audio trasmessa; l'operatore ha una grande libertà di movimento nell'ambiente e può regolare il livello del segnale ricevuto. Con questo metodo si ottengono sostanziali vantaggi rispetto alla trasmissione dell'informazione via radio.
Mediante un sistema comprendente più generatori infrarossi di potenza, si possono «illuminare» uniformemente anche ambienti di grandi dimensioni senza perciò produrre segnali interferenti, come invece avviene se si ricorre al collegamento radio. In fig. 12e è schematizzata un'installazione del genere per l'illuminazione infrarossa di uno studio, dotata di quattro generatori, IR di potenza. Grazie alla disposizione angolare dei generatori in ogni punto dell'ambiente i segnali IR si sommano semplicemente tra loro, per cui si ottiene l'illuminazione uniforme di tutto lo spazio. Con un impianto del genere, il regista, in qualsiasi momento, può dare istruzioni «silenziose» agli attori e sovrintendere alla registrazione.
L'uso dell'auricolare o della cuffia facilita la regia, specie durante le registrazioni in playback. Un altro vantaggio derivante dall'uso dei raggi infrarossi è che questi rimangono confinati nell'ambiente; pertanto non si ha perdita di informazioni verso l'esterno — ciò che può anche essere indesiderato — dato che i raggi infrarossi vengono completamente bloccati dalle pareti, porte, tendaggi, ecc.

2.8.2 La modulazione del fascio infrarosso

In fig. 12a, b è riportato lo schema di un circuito per la modulazione diretta del diodo generatore del fascio infrarosso da parte del segnale audio. Questo tipo di modulazione è utilizzabile solo quando vi è poca luce disturbante e se la distanza tra trasmettitore e ricevitore è modesta. Il trasmettitore IR di fig. 12a copre una distanza < 1 m, mentre il generatore di potenza schematizzato in fig. 12b copre distanze di qualche metro. La sensibilità viene regolata da P_1; P_2 determina la corrente di riposo del Led, che va regolata per la minima distorsione.
In fig. 12c è riportato lo schema elettrico del ricevitore IR, che

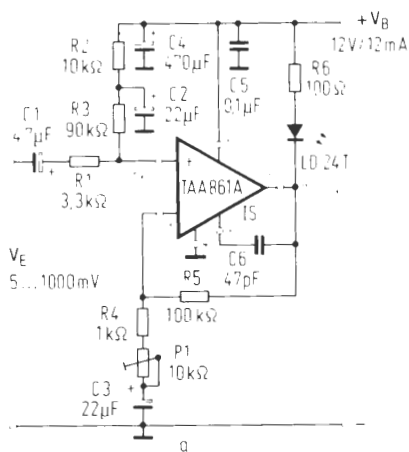



Fig. 12a Semplice trasmettitore infrarosso modulato dal segnale di bassa frequenza

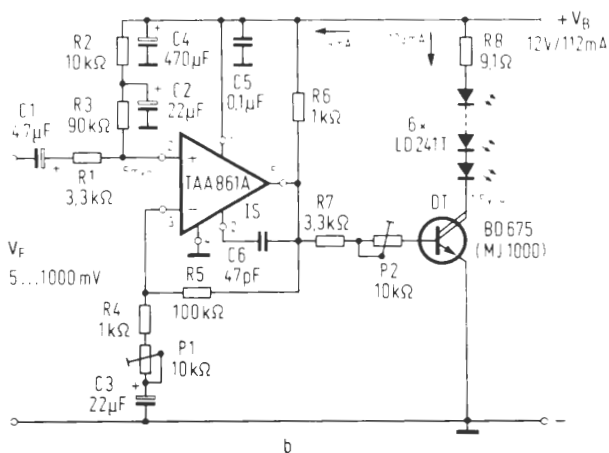



Fig. 12b Trasmettitore infrarosso di maggior potenza, modulato dal segnale di bassa frequenza.

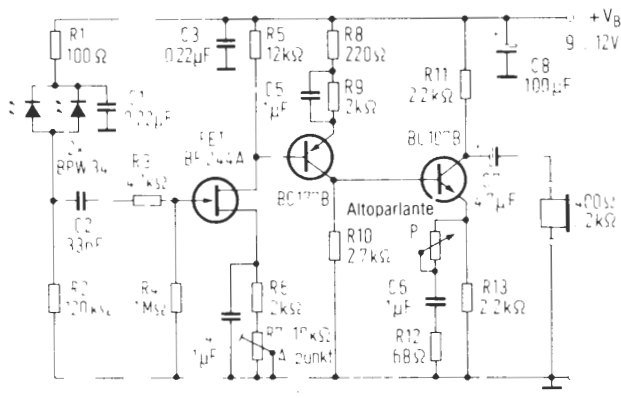



Fig. 12c Ricevitore di fasci infrarossi modulati dal segnale di bassa frequenza

è costituito da un amplificatore audio preceduto dall'elemento sensibile all'infrarosso; questo consiste di due fotodiodi collegati in parallelo tra loro; P regola il guadagno dell'amplificatore.

2.8.3 *Sistemi di trasmissione IR a sottoportante*

Per trasmettere informazioni audio su fasci infrarossi, si ricorre di norma ad un processo di doppia modulazione. Il segnale IR viene modulato in ampiezza da una sottoportante (ad esempio a 95 kHz). La sottoportante, a sua volta, viene modulata in frequenza dall'informazione audio. Questa fa variare, in più e in meno, la frequenza della sottoportante, rispetto al suo valore centrale. In base alle norme in vigore, per la trasmissione dell'audio TV, la sottoportante è a 95 kHz e la deviazione ± 50 kHz. La trasmissione del segnale stereo richiede un ulteriore canale; la relativa sottoportante è allocata a 250 kHz e la sua deviazione è ancora ± 50 kHz. (fig. 12d).

In tal modo viene assicurata una larghezza di banda sufficien-

d

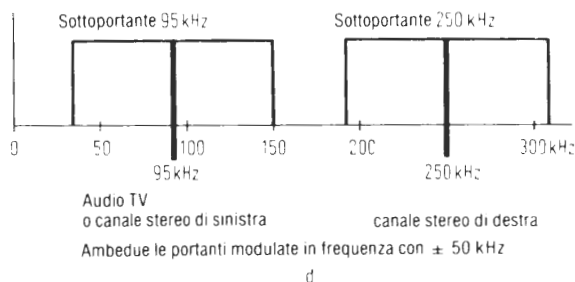



Fig. 12d Spettro di frequenza del trasmettitore infrarosso a due canali

e

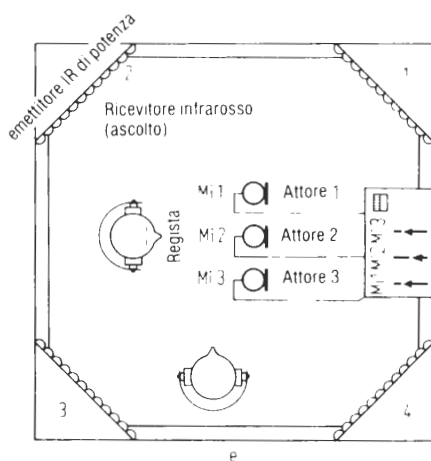



Fig. 12e Regia a raggi infrarossi

te. La cuffia IR binaurale può servire sia per l'ascolto dell'audio TV che per l'ascolto della stereofonia. Poichè i costruttori di sistemi ed impianti di trasmissione «senza fili» all'infrarosso si attengono alle norme sopra riportate, gli apparati reperibili sul mercato sono tutti compatibili tra loro.
Pertanto ricevitore TV, amplificatore, mixer, amplificatore di potenza stereo, ecc. possono venir integrati da questo sistema di trasmissione dell'informazione audio. Le fig. 12 f e g mostrano, a titolo di esempio, un trasmettitore IR stereo, in esecuzione piatta, prodotto dalla Sennheiser-Electronic e la relativa

Fig. 12f Trasmettitore infrarosso stereo (Sennheiser SI 434) adatto per tutte le sorgenti di segnale stereo Hi Fi

Fig. 12g Cuffia stereo infrarossa (Sennheiser HDI 434); l'auricolare di sinistra è aperto per mostrare il circuito del ricevitore IR

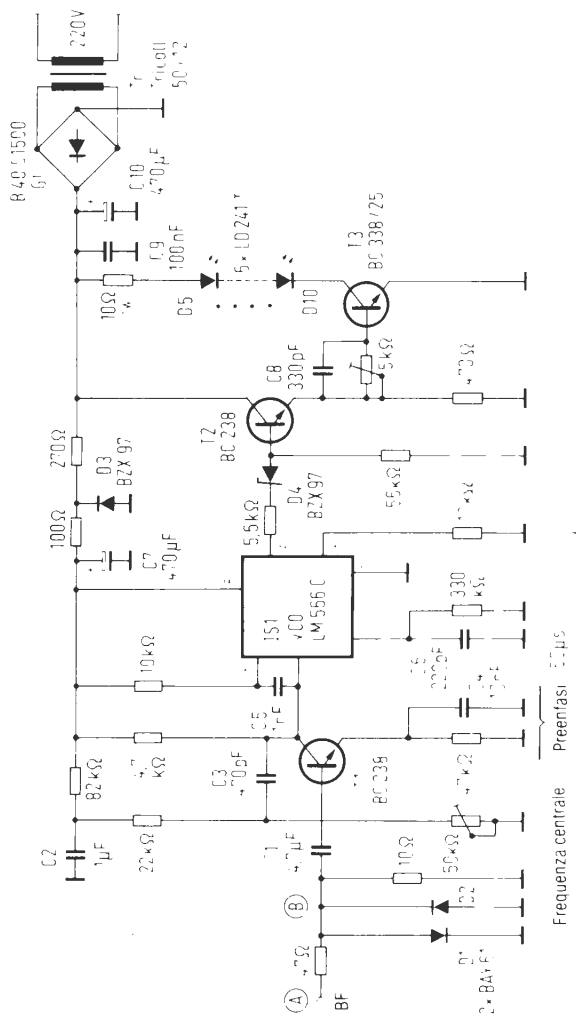



Fig. 12h Trasmettitore infrarosso monoaurale (Siemens)

cuffia senza fili; quest'ultima si adatta a qualsiasi impianto Hi Fi del tipo a trasmissione infrarossa del segnale.

2.8.4 Esempio di impianto di trasmissione IR

Gli schemi elettrici di fig. 12h, i si riferiscono ad un impianto di trasmissione IR; essi sono stati desunti dal «Bereich Bauelemente» della Siemens (a cura di Rudolf Knaur). L'apparecchiatura comprende un trasmettitore IR a modulazione di frequenza di grande linearità ed un ricevitore IR a larga banda.
Il trasmettitore è costituito da un oscillatore a frequenza variabile controllato in tensione (VCO), che lavora in modo molto lineare tra 30 a 250 kHz. Esso genera la sottoportante; la frequenza di quest'ultima è determinata dalla tensione applicata al piedino 5 dell'integrato LM566 C e dalla capacità del condensatore C_5. Se la tensione controllo al piedino 5 è di 10,5 V, il VCO oscilla a 95 kHz. Il transistor T_2 funge da pilota per lo stadio di potenza, costituito dal transistor T_3. Sei diodi luminescenti LD241 T (Siemens), collegati in serie tra loro, sono inseriti nel circuito di collettore di T_3. La loro corrente di picco è di 500 mA; la corrente media è di 160 ... 170 mA. Il punto di lavoro ottimale dello stadio di potenza viene stabilito dalla regolazione del potenziometro da 5 kΩ, in serie con la base di T_3.
Il segnale audio, da applicare al trasmettitore IR, può venir desunto dai morsetti di altoparlante di un registratore a cassetta o di un amplificatore. Eliminando la resistenza da 10 Ω, il trasmettitore può anche venir modulato dal segnale prelevato dall'uscita a bassa impedenza del mixer attivo.
Il ricevitore IR di fig. 12g è del tipo a larga banda. La corrente assorbita da tutto il circuito è di 7 mA a 9 V. La risposta in frequenza è piatta tra 30 Hz e 12 kHz, almeno, per una deviazione di ± 25 kHz. Il segnale, ricavato dai fotodiodi BPW34 tramite l'inseguitore di source T_1, viene demoludato dall'integrato SO41 P per integrazione di impulsi di larghezza costante. Il fattore di distorsione è minore del 3% tra 40 Hz e 10 kHz.

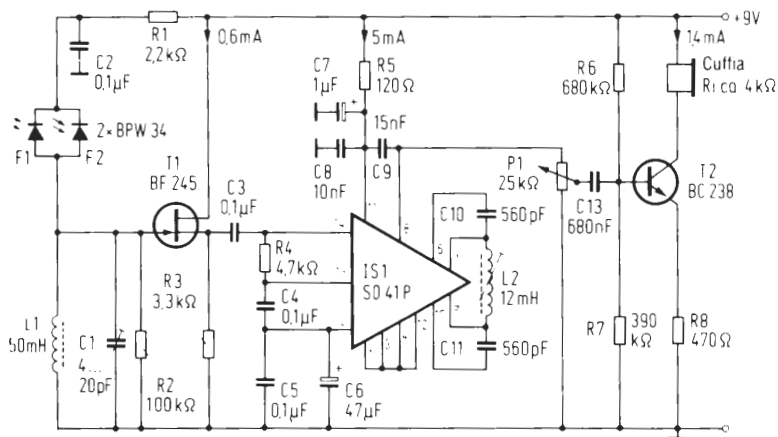



Fig. 12i Ricevitore infrarosso a larga banda (Siemens)

2.9 Lettura di film sonori

Il tipo di apparecchiatura da usare per la lettura di film sonori dipende dalla tecnica di incisione degli stessi. Bisogna anzitutto distinguere tra lettura ottica e lettura magnetica.
Nel primo caso, la «colonna sonora», la cui trasparenza contiene il ritmo e l'intensità dell'informazione audio, viene esplorata da un sistema ottico comprendente un rivelatore sensibile alla luce. Questo trasforma le variazioni di trasparenza della colonna sonora in corrispondenti variazioni del segnale elettrico. Anzi, essendo un generatore di corrente, il rivelatore fornisce una corrente direttamente proporzionale all'intensità luminosa che lo colpisce.
Per l'esplorazione della colonna sonora si utilizzano di preferenza: cellule fotoelettriche, fotodiodi, fototransistori, fotoelementi. La colonna sonora, a lato dei fotogrammi, viene letta mediante un sistema ottico costituito da una sorgente luminosa, da un gruppo di lenti e dal rivelatore, allineati tra loro. In fig. 13a, b e in fig. 14 sono riportati gli schemi elettrici di vari

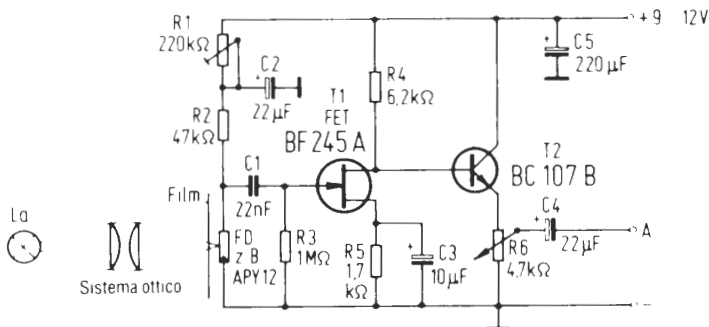



Fig. 13a Amplificatore di lettura a fotodiodo

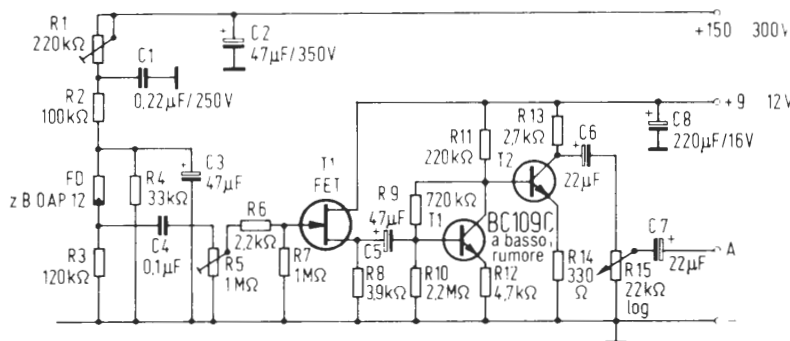



Fig. 13b Amplificatore di lettura a fotodiodo

amplificatori di lettura della colonna sonora, tutti sperimentati praticamente dall'autore. Questi apparati possono venir integrati in un mixer, oppure possono venir realizzati come unità a parte, da collegare al mixer attivo o all'amplificatore; forniscono un segnale utile di 100 ... 500 mV.
In fig. 13a è riportato lo schema elettrico di un semplice amplificatore di lettura, comprendente un fotodiodo, uno stadio a Fet ed un inseguitore d'emettitore per la trasformazione d'impedenza. Questo apparato può essere tenuto anche distinto dall'amplificatore principale o dal mixer, in quanto la sua uscita è a bassa impedenza. L'amplificatore di lettura di fig. 13b utilizza un fotodiodo quale elemento sensibile alla luce, ma fornisce

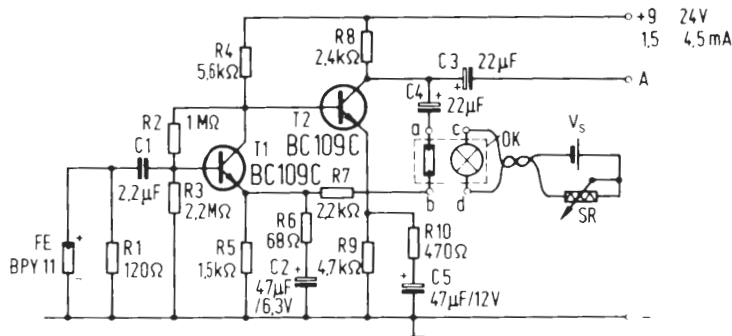



Fig. 14 Amplificatore di lettura a fotoelemento ed accoppiatore optoelettronico, con regolazione a distanza del volume

un segnale d'uscita maggiore (fino a 1 V) per la più alta tensione di alimentazione e per il maggior guadagno ottenuto da due stadi di amplificazione; l'alimentazione può venir desunta dall'amplificatore principale. La tensione di polarizzazione del fotodiodo viene regolata da R_1, in funzione della tensione anodica disponibile. Il guadagno viene regolato da R_5 e il livello d'uscita da R_{15}.
Con piccole modifiche circuitali, il fotodiodo può venir sostituito con un fotoelemento. Per un funzionamento lineare, il fotoelemento (ad esempio Siemens BPY11) viene fatto lavorare in regime di saturazione. Nei semiconduttori al silicio, la corrente di saturazione aumenta proporzionalmente all'intensità luminosa. La resistenza interna del BPY11, ad illuminazione massima (200 Lux) è di 28 kΩ e aumenta al diminuire dell'intensità luminosa. La resistenza di ingresso dell'amplificatore dev'essere quindi abbastanza piccola (10 ... 20 kΩ) per permettere al fotoelemento di andare in saturazione.
Gli amplificatori ad ingresso ottico possono servire anche per la rivelazione di segnali luminosi modulati, purchè equipaggiati con elementi fotosensibili adatti. Oltre che con procedimenti ottici, i film vengono sonorizzati anche con sistemi magnetici.

Per la lettura ottica della colonna sonora, si impiegano, ancora oggi, le cellule fotoelettriche. Se però la registrazione sonora è a più canali (fino a 6), si utilizza unicamente la sonorizzazione a piste magnetiche. Similmente a quanto avviene nel registratore a nastro, la pista sonora, che è situata a fianco dei fotogrammi, viene letta da una normale testina (oppure da una testina doppia, di registrazione/riproduzione). La necessaria amplificazione e linearizzazione della piccola tensione fornita dalla testina di lettura avviene in un amplificatore a due stadi, analogo a quello del registratore a nastro. Per la sua natura e per le sue caratteristiche fisiche, anche se la magnetizzazione della pista è ad ampiezza costante, la testina fornisce un segnale che varia colla velocità della pellicola, colle dimensioni del traferro e col materiale della pista stessa. Le distorsioni determinate da questi fattori possono venir corrette mediante una controreazione. Per le particolarità costruttive di funzione della frequenza un preamplificatore adatto alla lettura di piste magnetiche, si rimanda il lettore al capitolo delle unità modulari.
I cinematori già in possesso di un proiettore sonoro non necessitano ovviamente di un preamplificatore specificamente progettato. Il proiettore sonoro fornisce un segnale di 250 mV ... 1 V; l'amplificatore Hi Fi o il mixer da asservire al proiettore basta che abbiano una sensibilità di questo ordine di grandezza ed un'impedenza di ingresso di circa 50 kΩ. Nell'effettuare il collegamento, bisogna rispettare le indicazioni contenute nel libretto di istruzioni del proiettore.

2.10 Il gong elettrico

L'inserimento di comunicati nel bel mezzo di una registrazione è a volte preceduto dal suono di un gong. Questo consiste di una serie di barre o tubi di varia lunghezza e di vario materiale, che vengono percosse manualmente oppure mediante un congegno elettromeccanico. Analogamente a quanto avviene nelle chitarre elettriche, delle bobine, poste nelle immediate vicinan-

ze delle barre, generano una tensione indotta dalle vibrazioni delle medesime, alla loro frequenza di risonanza meccanica.
I gong elettrici forniscono in genere segnali da 0,5 ... 1 V con una resistenza interna di 2 kΩ. Questo segnale, al pari di ogni altro segnale audio, può venir applicato direttamente all'amplificatore o al mixer.

2.11 Generatori di riverbero

Un apparato prezioso per l'amatore del suono è il generatore di riverbero a nastro continuo, che gli consente di realizzare fantasiosi effetti di regia. Per la costruzione e l'impiego dei generatori di riverbero «a molla», rimandiamo il lettore ad un capitolo successivo; ci limitiamo qui ad illustrare brevemente le caratteristiche e le modalità di impiego di questo dispositivo.
I generatori a molla di produzione industriale hanno una sensibilità d'ingresso di 10 ... 50 mV, che è spesso regolabile. Il segnale d'uscita va da 0,3 a 1 V, il che è più che sufficiente per pilotare in pieno l'amplificatore o il mixer.
Il generatore di riverbero va inserito tra microfono e mixer o amplificatore. Il segnale elaborato dal generatore viene fornito o da un microfono oppure da un pick-up elettromagnetico (del tipo per chitarra elettrica) fissato all'estremità terminale delle molle. Poichè l'informazione si trasmette meccanicamente attraverso le molle, il segnale d'uscita risulta ritardato rispetto al segnale d'entrata che ha messo in vibrazione le molle. Se l'uscita del generatore di riverbero venisse collegata direttamente all'amplificatore o al mixer, non si avrebbe la possibilità di «dosare» il riverbero rispetto all'evento sonoro originale; inoltre, si manifesterebbe un sensibile peggioramento del rapporto segnale/rumore. Per sfruttare al massimo le possibilità «interpretative» di questo dispositivo, il segnale da manipolare va addotto all'amplificatore o al mixer e solo una porzione di esso va immessa nel generatore di riverbero.
Dopo essere stata ritardata ed amplificata, questa porzione di segnale viene ricondotta al mixer, nel quale è presente anche il

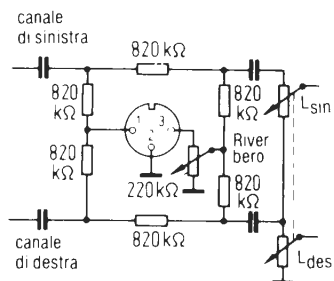
b Collegamento di un generatore di riverbero ad un apparato monoaurale valvolare

c Collegamento di un generatore di riverbero ad un apparato stereo valvolare

Fig. 15a...c Inserzione del generatore di riverbero

segnale originale non ritardato. In tal modo è possibile variare il contributo del segnale ritardato rispetto all'evento sonoro primitivo, senza che si manifestino fenomeni rigenerativi. Questi avrebbero luogo se segnale originale e segnale ritardato confluissero nello stesso ingresso del mixer.
Come mostrano le fig. 15a ... c, il disaccoppiamento tra i due segnali deve avvenire a monte del regolatore di livello. A causa del cosiddetto effetto Haas, nella manipolazione di segnali stereo, il riverbero non deve avvenire in modo indipendente su entrambi i canali; infatti la localizzazione spaziale del suono è già insita nella stereofonicità della riproduzione. Pertanto, per l'inserzione del riverbero, si faranno confluire entrambi i canali, insieme, nell'unità di riverbero. Il relativo circuito di inserzione è schematizzato a fig. 15a.

3 Connessione dei connettori

Molti «difetti» delle apparecchiature di trasmissione dell'informazione audio hanno spesso la loro origine e causa in qualche errore di collegamento degli elementi di accoppiamento tra i singoli apparati. La grande confusione esistente nel settore dei connettori è superata solo dal fatto che, spesso, gli stessi identici connettori vengono internamente collegati in modo diverso. Prima che venissero introdotte le norme industriali tedesche DIN 45327 e DIN 41524, vigevano molte «norme personali», per cui il mancato funzionamento di un qualche elemento dell'apparecchiatura era da ricercarsi, il più delle volte, in un errato collegamento degli elementi di interconnessione. Per realizzare, senza perdita di tempo, una corretta connessione tra sorgente sonora, mixer, amplificatore, altoparlanti, ecc., è assolutamente necessario studiarsi anzitutto i libretti di istruzione dei medesimi.

La zoccolatura dei connettori di microfoni ed auricolari è illustrata a Tavola II. La Tavola III mostra quella dei connettori relativi a cavi microfonici e di interconnessione. La zoccolatura dei connettori per registratori magnetici e riproduttori fonografici, secondo le norme DIN 41524, è riportata in Tavola IV.

Lo schema N di Tav. II illustra il collegamento di un microfono a bassa impedenza (circa 200 Ω) ad un connettore standardizzato secondo le norme DIN 41524. I terminali della capsula microfonica sono collegati, simmetricamente, agli spinotti 1 e 3. Questa configurazione circuitale consente l'impiego di cavi microfonici lunghi, terminanti ai reofori a bassa impedenza del traslatore facente parte del mixer o amplificatore.

Lo schema HN si riferisce ad un microfono a bassa o ad alta impedenza, a seconda dell'impiego specifico e delle caratteri-

Tavola II - Connessioni di microfoni ed auricolari

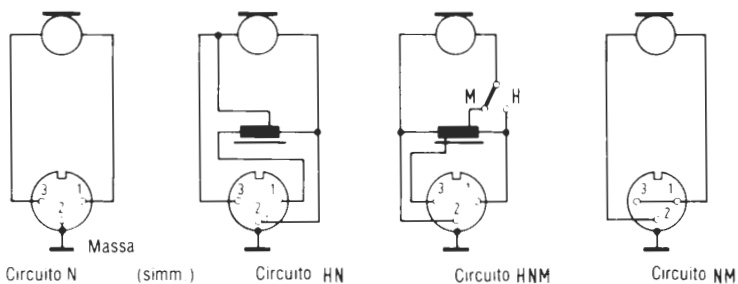
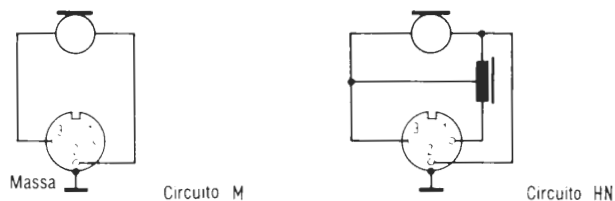
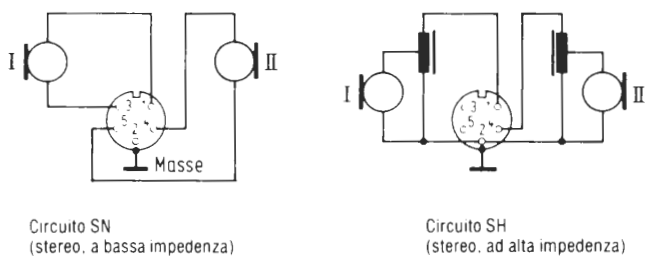
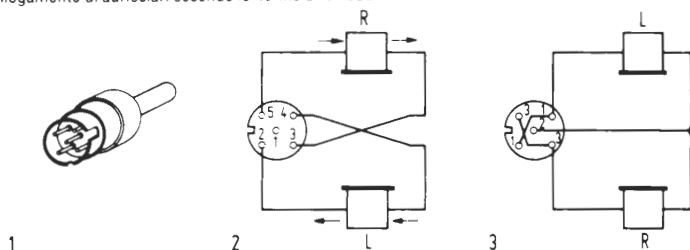
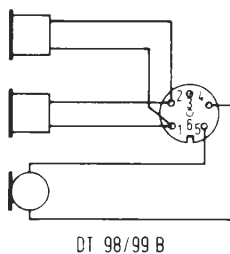
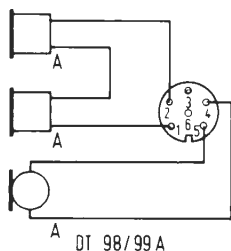
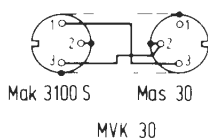
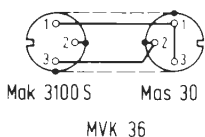
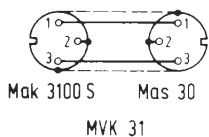
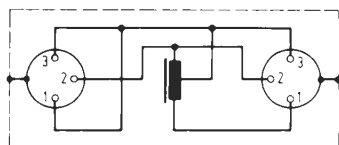
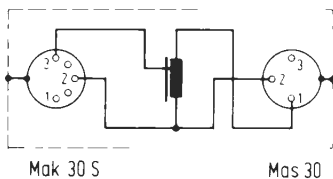
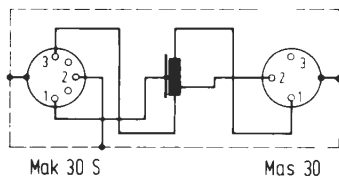



Tavola III - Connessioni di citofoni, cavi microfonici e traslatori volanti.

stiche di ingresso del mixer o amplificatore. Il microfono è munito di un traslatore del tipo ad autotrasformatore. Il connettore è normalizzato secondo le norme DIN 41524 e le sue connessioni rispettano le norme DIN 45594.

Lo schema HM illustra le connessioni di un microfono collegabile ad un ingresso a bassa o alta impedenza. L'adattamento di un microfono a bassa impedenza ad un ingresso ad alta impedenza, privo di traslatore, si può realizzare assai semplicemente facendo ricorso ad un traslatore volante, in serie al cavo, oppure del tipo a spinotto.

Lo schema HNM si riferisce ad un microfono munito di traslatore ad autotrasformatore a prese e di un commutatore per passare da bassa ad alta impedenza. Adattamenti a media impedenza (circa 1 kΩ) si incontrano con frequenza nei registratori a transistori ed in quelli a cassetta, in particolare.

Le connessioni dei citofoni e dei cavi microfonici sono riportate nella parte superiore della Tavola III (Beyer, Heilbron).

La parte inferiore della stessa Tavola si riferisce invece a vari tipi di traslatori volanti, inseribili in serie al cavo microfonico (N = 1:16), della Sennheiser Electronic. Il traslatore della prima figura è denominato TM 514 N e viene utilizzato per l'adattamento di microfoni con uscita simmetrica a bassa impedenza (200 Ω). Il primario è collegato ad un connettore normalizzato a 3 poli tramite una prolunga costituita da 5 m di cavo schermato. Il secondario ad alta impedenza, tramite un cavo di 0,4 m va ad un connettore normalizzato a 3 poli Mas 30. I terminali della bobina mobile sono collegati agli spinotti 1 e 3, mentre il 2 è connesso colla massa e collo schermo. L'estremo caldo del secondario, che va al mixer, è collegato al piedino 1; il 2 rappresenta il ritorno e va alla massa; anche il telaio è collegato al piedino 2.

La seconda figura si riferisce al traslatore volante TM 514 HL, adatto per collegare microfoni a bassa ed alta impedenza ad ingressi ad alta impedenza.

La terza figura mostra un traslatore a spinotto di qualità. Montato in una custodia munita di connettori, consente l'adatta-

Tavola IV - Connessioni di registratori a nastro e complessi fonografici di costruzione tedesca, secondo le norme DIN 41524

	Complesso fonografico		Registratore a nastro	
	monoaurale	stereofonico	monoaurale	stereofonico
Spina	Zero	Zero destra – sinistra	Zero Regi-strazione – Riprodu-zione	Zero destra – destra sinistra – sinistra Regi-strazione – Riprodu-zione
Presa	Zero	Zero destra – sinistra	Zero cieco – blind Regi-strazione – Riprodu-zione	Zero destra – destra sinistra – sinistra Regi-strazione – Riprodu-zione
Spina	Zero cieco	Zero cieco – destra sinistra		
Presa	Zero cieco	Zero cieco – destra sinistra	Zero cieco Regi-strazione – Riprodu-zione	

16,5 ±0,2
3,3 +0,1
22,2 ±0,1
in mm

Piano di foratura per prese normalizzate

event. disabilitazione altoparlante
Canale di sinistra andata
Canale di destra, andata
Canale di destra, ritorno
Canale di sinistra, ritorno
event. massa

Presa secondo le norme DIN 45327 per cuffia stereofonica

R
L

Cuffia stereo e relative connessioni secondo le norme DIN 45327

Spina vista dal lato saldature	Presa vista dal lato della spina

Connessioni di cuffie stereofoniche

mento di microfoni a bassa e media impedenza ad ingressi ad alta impedenza. Il cavo schermato, lungo 5 m, è munito di un connettore a 3 poli (2 e 3 = bobina mobile) per il collegamento asimmetrico a bassa impedenza, 3 collegato insieme ad 1, custodia = massa; dal lato amplificatore: 1 terminale caldo, ingresso ad alta impedenza, 3 terminale caldo, ingresso a bassa impedenza, 1 = massa, rispett. a terra. Questo traslatore della Sennheiser Electronic è contraddistinto dalla sigla TS 514 M.
Nell'autocostruzione dei mixer, è assolutamente necessario attenersi alle norme per quanto concerne connettori, prolunghe, cavi, terminali di ingresso degli amplificatori, ecc. L'industria si attiene strettamente a questa normalizzazione. Per quanto concerne le connessioni alle spine e prese degli apparati, l'industria rispetta le norme DIN 45500. La zoccolatura di queste prese e spine è illustrata a Tavola IV.
Nelle prese di ingresso per microfoni stereo è: 1 = canale di sinistra, 4 = canale di destra, 2 = zero.
Per i microfoni monoaurali è, in genere: 1 = estremo caldo, 2 = massa, 3 = cieco o non utilizzato.
Le prese di uscita dei radioricevitori hanno per lo più la seguente zoccolatura: 1 = registrazione canale di sinistra, 2 = massa, 3 = riproduzione canale di sinistra, 4 = registrazione canale di destra, 5 = riproduzione canale di destra.
Nei vecchi apparati monoaurali, muniti di presa normalizzata a 3 poli, la zoccolatura preferita TA/TB è la seguente: 1 = registrazione TB, 2 = massa, 3 = riproduzione TA rispett. TB:
Nei vecchi apparati stereo muniti di presa normalizzata a 3 poli, troviamo generalmente. 1 = canale di destra, 2 = massa, 3 = canale di sinistra, rispettivamente riproduzione monoaurale.

4 Piccolo breviario del decibel

Molti parametri dell'elettroacustica vengono espressi in decibel. Accanto ad una scala lineare, infatti, si trova spesso un'altra scala le cui divisioni sono disuniformi — la scala in dB. Il dB è una unità di misura che consente di raffrontare tra loro grandezze elettriche dello stesso tipo. Questa unità di misura, che è logaritmica, rende più evidente la rappresentazione grafica, ad esempio, del comportamento di un apparato al variare della frequenza, oppure l'aumento/diminuzione di una tensione, corrente, o potenza rispetto ad un certo valore di riferimento. Anche dal punto di vista aritmetico, l'uso del decibel facilita il calcolo di amplificazioni, livelli, smorzamenti, ecc. Infatti, anzichè eseguire moltiplicazioni e divisioni, basta sommare e sottrarre i dB. Al tecnico pratico basta in genere conoscere i rapporti di tensioni e potenze fino a 100 dB, desumendoli dalle tabelle. 6 dB di guadagno sta per due volte, 20 dB per 10 volte, 40 dB per 100 volte e 60 dB per 1000 volte. Questi valori ricorrono assai spesso in elettroacustica, quando si voglia illustrare un certo comportamento dei circuiti. Lo stesso vale per l'attenuazione: -6 dB sta per 1/2, -20 dB sta per 1/10, -40 dB sta per 1/100 e -60 dB sta per 1/1000.

4.1 Rapporti di tensioni in dB

L'amplificazione o guadagno, come pure la deamplificazione o attenuazione, viene data in forma logaritmica, e precisamente: $dB = 20 \log V_1/V_0$, dove V_0 è il valore di riferimento, ad esempio 1 mV su 600 Ω.
In tal caso otteniamo valori assoluti. Analogamente si calcolano i rapporti di corrente o di pressione sonora.

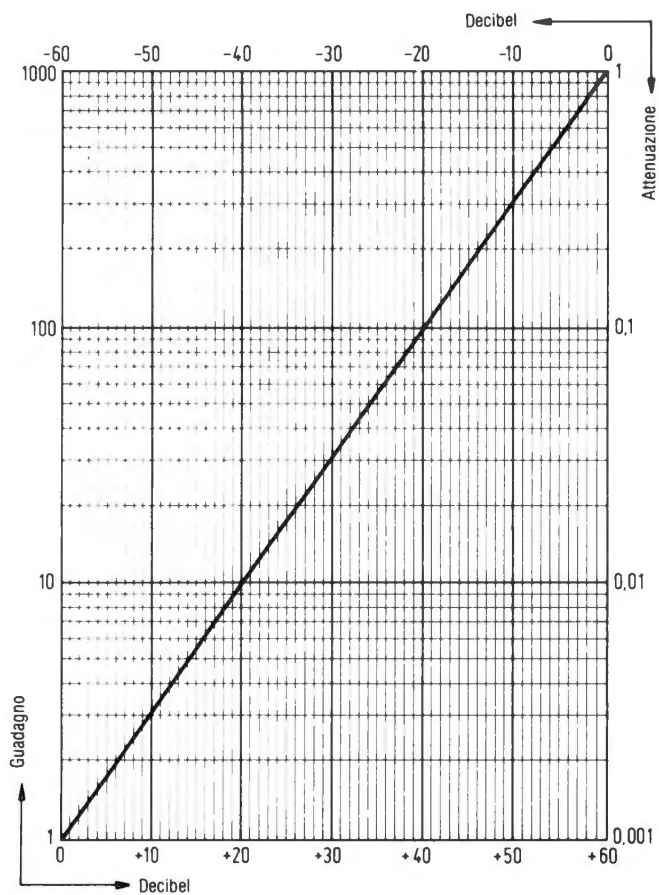



Fig. 16 Nomogramma dei dB

Prendiamo, a mò di esempio, la curva di risposta in frequenza di un amplificatore. A questo viene applicato, in ingresso, un segnale d'ampiezza nota e costante, mentre la sua frequenza viene fatta variare tra 20 e 20.000 Hz. Idealmente, l'ampiezza del segnale d'uscita dovrebbe rimanere costante entro tutto il campo di frequenza esplorato (risposta piatta); in pratica, questa ampiezza varia e la sua variazione rispetto al valore ideale, o di riferimento, viene espressa in dB.

Ammettiamo che, a 1.000 Hz, l'amplificatore fornisca un segnale d'uscita di 10 V. A 20.000 Hz questo segnale cade a 5 V.

Il rapporto è $10/5 = 2$. La caduta di responso è pertanto $20 \log 2 = 20 \times 0{,}30103 = 6$ dB.

Il grafico di fig. 6 e la tabella seguente forniscono direttamente i rapporti di tensione in dB senza bisogno di ricorrere al calcolo. I valori positivi si riferiscono ad amplificazioni o guadagni; i valori negativi a deamplificazioni, o attenuazioni. Per calcolare un'attenuazione, si trova anzitutto il valore (positivo) dell'amplificatore corrispondente al suo reciproco, poi si aggiunge il segno - davanti. Così se l'attenuazione è 1/10, si trova il guadagno corrispondente a 10 (20 dB), poi si fa precedere i dB dal segno -; avremo così l'attenuazione di -20 dB.

4.2 Rapporti di potenza in dB

I rapporti di potenze, riferiti a grandezze sinusoidali, si possono pure esprimere in dB: basta moltiplicare il logaritmo per 10 anzichè per 20. Cioè: $dB = 10 \log P_1/P_0$. La potenza P_0 è ancora il valore di riferimento. Per l'uso del diagramma di fig. 16, basterà dividere per 2 i dB corrispondenti al medesimo rapporto di tensioni. Anche il rapporto di energie sonore viene espresso in dB.

dB	Rapporti di tensione $\frac{P_1}{P_0}$	Rapporti di potenze $\frac{V_1}{V_0}$	dB	Rapporti di tensione $\frac{P_1}{P_0}$	Rapporti di potenze $\frac{V_1}{V_0}$
0	1	1			
1	1,26	1,12	− 1	0,79	0,89
2	1,6	1,26	− 2	0,63	0,79
3	2	1,4	− 3	0,5	0,71
4	2,5	1,6	− 4	0,4	0,63
5	3,2	1,8	− 5	0,32	0,56
6	4	2	− 6	0,25	0,50
7	5	2,2	− 7	0,20	0,45
8	6,3	2,5	− 8	0,16	0,40
9	7,9	2,8	− 9	0,13	0,35
10	10	3,2	−10	0,10	0,32
11	12,6	3,5	−11	0,079	0,28
12	16	4,0	−12	0,063	0,25
13	20	4,5	−13	0,050	0,22
14	25	5,0	−14	0,040	0,20
15	32	5,6	−15	0,032	0,18
16	40	6,3	−16	0,025	0,16
17	50	7,1	−17	0,020	0,14
18	63	7,9	−18	0,016	0,126
19	79	8,9	−19	0,013	0,112
20	100	10	−20	0,010	0,100
30	1000	31,62			
40	10^{4}	100			
45	$3,162 \cdot 10^{4}$	177,3			
50	10^{5}	316,2			
60	10^{6}	1 000			
70	10^{7}	3 162,3			
80	10^{8}	10 000			
90	10^{9}	31 623			
100	10^{10}	10^{5}			

5 Come funziona il mixer?

Il mixer ha la funzione di mescolare tra loro, e a livelli diversi, più sorgenti sonore distinte. Pertanto il mixer deve essere provvisto di tanti regolatori di livello quanti sono i suoi ingressi, o canali. Questi regolatori hanno lo scopo di dosare la partecipazione delle singole sorgenti sonore al prodotto complessivo di mescolazione; perciò vengono chiamati «dosatori di mixaggio». Un'altra importante prerogativa del mixer è che la miscelazione avviene senza che i singoli canali si influenzino l'un l'altro. Solo se questa caratteristica è soddisfatta si ottiene una corretta miscelazione, priva di interazioni o retroazioni. All'uscita del mixer si presenta un segnale che è la somma dei singoli segnali, confluenti nei vari canali, nel rapporto determinato dai singoli dosatori di mixaggio. Il segnale somma è quindi disponibile per una successiva amplificazione e/o elaborazione.

5.1 Mixer attivi e passivi

I mixer si distinguono in attivi e passivi. Il mixer attivo interviene sul segnale applicatovi con processi di amplificazione, equalizzazione, correzione di tono e, eventualmente, con la generazione di effetti speciali. Il mixer attivo richiede perciò una alimentazione, che può essere a batteria oppure dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Il mixer attivo, collegato al registratore a nastro oppure all'amplificatore di potenza, gli fornisce un segnale di notevole ampiezza, assumendosi così anche la funzione di preamplificatore per le piccole tensioni provenienti dalla sorgente audio primaria. La preamplificazione del mixer è in genere più che sufficiente perchè questo possa pilotare in pieno uno stadio finale di potenza. I mixer attivi di

tipo professionale forniscono un segnale d'uscita di almeno 0,775 V su 600 Ω.
I mixer passivi, invece, non amplificano il segnale proveniente dalla sorgente audio; anzi per la necessità di evitare l'interazione dei canali, si deve accettare una certa perdita, o attenuazione di livello. L'entità di questa attenuazione dipende dal numero di canali da miscelare. Pertanto il mixer passivo fornisce all'utilizzatore collegato alla sua uscita un segnale sostanzialmente minore di quelli applicati ai suoi ingressi. L'autocostruzione di mixer passivi risulta facile ed anche economica, dato che il numero di componenti circuitali necessari è molto ridotto. Il mixer passivo soddisfa però solo le esigenze più modeste; inoltre il suo uso presuppone la disponibilità di sufficiente preamplificazione, ad esempio di quella intrinseca all'ingresso microfonico di un registratore a nastro. In fig. 17 è riportato lo schema elettrico di un semplice prototipo di mixer passivo, atto alla mescolazione di 3 segnali audio. Esso è adatto per essere impiegato in unione ad un amplificatore sufficientemente sensibile o ad un registratore a nastro. P_1 ... P_3 sono i dosatori di mixaggio per gli ingressi E_1 ... E_3; R_1 ... R_3 sono le resistenze di disaccoppiamento per evitare l'interazione dei canali e consentire il mixaggio delle tre sorgenti audio senza che si manifestino

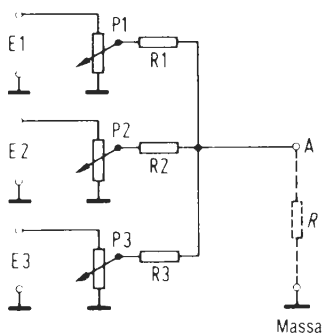



Fig. 17 Semplice mixer passivo

effetti rigenerativi. La resistenza R (tratteggiata) sta a indicare che il collegamento di questo dispositivo ad un successivo amplificatore avente una certa resistenza di ingresso, darà luogo ad un'ulteriore attenuazione del segnale. L'impiego di mixer passivi è pertanto condizionato anche dalla disponibilità di amplificatori ad elevata impedenza d'ingresso.

5.2 Attenuatori

Se ad un mixer, attivo o passivo che sia, vengono applicati segnali audio molto diversi tra loro quanto a livello, la regolazione dei dosatori diviene critica. Per evitarlo, è opportuno adattare la sensibilità propria dei vari ingressi all'entità dei segnali applicati. Questo è il caso, ad esempio, di un mixer chiamato a miscelare i segnali provenienti da un registratore a nastro, da un microfono e da un pick-up piezoelettrico. La sensibilità degli ingressi può venir adattata al livello dei segnali disponibili mediante appositi attenuatori, costituiti da partitori di tensione fissi. Se questo partitore è ad alta impedenza, è necessario parallelare la resistenza con un condensatore da 10 ... 100 pF, onde evitare l'attenuazione delle componenti a frequenza più elevata, provocata dall'inserzione dell'attenuatore.
L'attenuatore adatta bensì la sensibilità d'ingresso al livello del segnale ma non migliora il rapporto segnale/rumore. Il suo uso consente comunque di migliorare il mixaggio e di evitare il sovrapilotaggio dell'amplificatore a valle del mixer.

5.3 Bus di raccolta — Resistenze di disaccoppiamento — Attenuazione nodale

Le resistenze di disaccoppiamento hanno il compito di evitare l'interazione tra i vari canali, di evitare cioè che il livello del segnale somma, sul bus di uscita, vari al variare della posizione dei singoli dosatori di mixaggio. L'attenuazione nodale che ne

risulta, vista dal lato bus di uscita è di 6 dB, quando resistenza di disaccoppiamento e dosatore hanno lo stesso valore.
Se i dosatori di mixaggio sono in numero di tre e le resistenze di disaccoppiamento hanno lo stesso valore, l'ampiezza del segnale di uscita è solo 1/3 di quelle di ingresso; questa attenuazione di tensione va compensata da un corrispondente guadagno nell'amplificatore che segue il mixer. Maggiore è il numero di canali confluenti nel bus di raccolta, e più grande è l'attenuazione che ne consegue; maggiore sarà pertanto il guadagno richiesto all'amplificatore a valle del mixer. Ovviamente il numero di canali non può essere aumentato oltre un certo limite; questo limite è imposto dall'amplificazione necessaria a compensare l'attenuazione nodale, nonchè dal valore del rapporto segnale/rumore ottenibile. Infatti, se l'attenuazione è eccessiva, la tensione rumore può assumere valori comparabili con il livello del segnale utile! Se il numero di canali richiesti è notevole, si impiegheranno preamplificatori di canale a bassa impedenza d'uscita, collegati all'entrata ad alta impedenza di un amplificatore intermedio o di separazione. I preamplificatori d'entrata dovranno avere il maggior guadagno possibile per fornire un segnale utile di almeno 0,775 V ... 1 V.

5.3.1 Sommatori con uscita accessoria

Talora il bus di raccolta del mixer è munito di un'uscita accessoria che può venir addotta ad altri miscelatori. In tal modo è possibile interconnettere tra loro più mixer, per realizzare grandi banchi di regia. Il nodo sommatore va anche ad un regolatore principale di livello, nonchè agli equalizzatori di risposta ed ai correttori di tono dei seguenti stadi di amplificazione.

5.4 Come si risolve il problema del nodo? L'amplificatore sommatore basato sul principio dello zero virtuale

Le resistenze di disaccoppiamento vanno dimensionate in funzione dell'impedenza interna della sorgente di segnale audio o,

se esiste, del relativo preamplificatore. Il valore dei resistori di disaccoppiamento dev'essere tale che la resistenza inserita dal potenziometro dosatore, nella sua posizione estrema R = 0, risulti trascurabile rispetto alla resistenza interna della sorgente di segnale. La massima variazione complessiva che si può tollerare, per una regolazione qualsiasi dei dosatori è del 10%. D'altro canto, le resistenze di disaccoppiamento non devono essere più grandi del necessario. Pertanto bisogna adire ad un compromesso tra minima interazione e massimo rapporto segnale/rumore. In base all'esperienza dell'autore, questo tipo di mixer passivo, basato sull'impiego delle resistenze di disaccoppiamento e di un successivo amplificatore di compensazione dell'attenuazione nodale, si presta alla mescolazione di non più di 4 sorgenti audio; la limitazione è determinata da motivi sia tecnici che economici. Oltre questo limite, nella realizzazione di grandi banchi di regia a n canali, occorre prevedere l'inserzione di amplificatori nodali.

Ciò è dovuto al fatto che l'attenuazione derivante dalla confluenza di n canali nel nodo di uscita è talmente grande che, a parità di non-interazione, il rapporto segnale/rumore diviene pessimo. L'attenuazione K è inversalmente proporzionale al numero di canali confluenti nel nodo, cioè

$$K = \frac{1}{n} \text{ rispett. } \frac{V_K}{n}$$

dove V_K è la forza elettromotrice della sorgente di segnale. Quindi, se n sorgenti vengono fatte confluire nello stesso nodo, il segnale utile risultante è $V_K = V:n$.

Pertanto, questo segnale deve venir amplificato almeno di n volte il che, però, comporta un peggioramento del rapporto segnale/rumore. Se poi le singole sorgenti di segnale audio sono di livello diverso, si presenta anche il problema della diversa amplificazione necessaria per equalizzarle, oltre a quello del reciproco disaccoppiamento.

5.4.1 L'amplificatore di miscelazione ideale — L'amplificatore sommatore

Nella tecnica di studio, per il collegamento in parallelo di più canali, si impiega il cosidetto amplificatore sommatore. Questo presenta i seguenti vantaggi:

1. Elevato grado di disaccoppiamento e assoluta assenza di rigenerazione, anche a numero di canali elevato.
2. Assenza di attenuazione nodale. In pratica, la combinazione di n canali avviene senza perdita di guadagno.
3. Le resistenze di disaccoppiamento vengono scelte unicamente in funzione del livello dei singoli segnali.
4. Le sorgenti di segnale possono venir applicate al o tolte dall'amplificatore sommatore senza che si verifichino interazioni sensibili.

COM'È POSSIBILE?

Se all'amplificatore operazionale di fig. 17a viene applicata una differenza di potenziale tra l'ingresso segnato «-» (ingresso invertente) e quello segnato « + » (ingresso non-invertente), questa viene fortemente amplificata e, ricondotta indietro all'ingresso invertente tramite la resistenza di controreazione R_G, tende ad annullare la differenza di potenziale originaria, fino a renderla trascurabilmente piccola.
Se all'ingresso « + » viene applicata una tensione positiva, all'uscita dell'operazionale comparirà una tensione negativa, amplificata dal guadagno dell'operazionale; questa tensione negativa viene ricondotta all'ingresso «-» dalla resistenza di controreazione e, tramite questo meccanismo di autoregolazione, la differenza di potenziale tra i due ingressi tende ad annullarsi.
Se all'ingresso «-» viene applicata una tensione negativa rispetto all'ingresso « + », all'uscita dell'operazionale comparirà una tensione positiva, amplificata dal suo guadagno; di conseguenza, attraverso la resistenza di controreazione, scorrerà una cor-

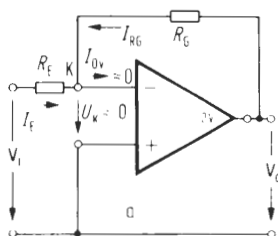



Fig. 17a Funzionamento dell'amplificatore operazionale quando il segnale è applicato all'ingresso invertente

Correnti di ingresso

$$I_{E1} = V_{E1}/R_{E1}$$

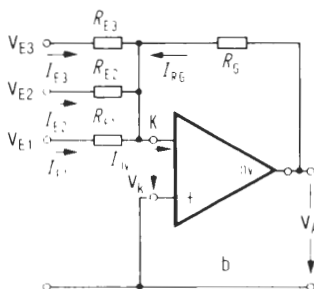
$$I_{E2} = V_{E2}/R_{E2}$$

$$I_{E3} = V_{E3}/R_{E3}$$

Fig. 17b Funzionamento dell'amplificatore operazionale come amplificatore sommatore (sommatore-invertitore)

$$I_{RG} \; I_{E1} + I_{E2} + I_{E3}$$

$$- V_0 = (R_G/R_{I1}) \cdot V_{I1} + (R_G/R_{I2}) \cdot V_{I2} + $$
$$+ (R_G/R_{I3}) \cdot V_{I3}$$

se $R_{I1} = R_{I2} = R_{I3}$:

$$-V_0 = (V_{I1} + V_{I2} + V_{I3}) \cdot R_G/R_I$$

rente di verso opposto e questa tenderà ad annullare la differenza di potenziale esistente tra i due ingressi dell'amplificatore. Cioè $J_E = - J_{RG}$. In seguito a questo processo si crea così uno zero virtuale anche se, in pratica, la differenza di potenziale tra i due ingressi non è mai nulla, ma piccolissima: infatti è proprio questa che origina e mantiene la tensione d'uscita. Anche se la differenza di potenziale tra i due ingressi dell'operazionale è piccolissima, dato il suo alto guadagno interno, la tensione di uscita può assumere valori notevoli.
Le correnti che fluiscono attraverso le resistenze di entrata non si possono influenzare tra loro; la corrente che fluisce nell'amplificatore operazionale è trascurabile.

Le tensioni d'entrata ed uscita hanno segno contrario e stanno tra di loro nel rapporto delle relative resistenze. Perciò

$$\frac{V_E}{R_E} = -\frac{V_A}{R_G} \text{ rispettivamente } \frac{V_E}{V_O} = \frac{R_E}{R_G}$$

Per quanto detto più sopra, l'amplificatore operazionale può ben venir usato come sommatore (fig. 17b). In tal caso, le correnti che fluiscono attraverso le resistenze d'entrata si sommano tra loro. Se i segnali audio a disposizione differiscono tra loro quanto ad ampiezza, questi possono venir amplificati in modo diverso, dimensionando in modo opportuno le singole resistenze d'entrata. Anche se queste sono di valore differente, si crea comunque lo zero virtuale e quindi le correnti d'entrata non possono assolutamente interagire tra loro.

PER IL TECNICO PRATICO:

La fig. 63 a pag. 169 mostra un amplificatore sommatore d'impiego universale realizzato nel minisistema RIM. Questo può trovare impiego come amplificatore miscelatore a 2 e fino a 10 ingressi (esecuzione stereo) mescolabili senza interazione. Se gli ingressi richiesti fossero più di 10, il sistema potrà venire allargato (fino a circa 30 ingressi) mediante l'impiego di un «estensore» a resistenze di mixaggio esterne (vedi tabella a fianco dello schema).
Il livello dei singoli ingressi, nel campo da 100 mV a 1,5 V, può venir riportato a 0 dB rispetto all'uscita (0,775 V). Il regolatore di livello consente di variare il segnale somma di ± 6 dB, mentre il regolatore principale permette di attenuare il segnale fino ad annullarlo.

6 Piccoli mixer attivi compatti

6.1 Piccolo mixer attivo per la miscelazione di due segnali audio

In fig. 18 è riportato lo schema elettrico di un mixer attivo equipaggiato con uno stadio di amplificazione a transistori. I due dosatori, P_1 e P_2, vanno concepiti come potenziometri a cursore, mentre il regolatore principale sarà un normale potenziometro rotativo. È da notare che il regolatore principale P_3 consente un'ampia variazione di livello del segnale somma, per il miglior adattamento del mixer al successivo amplificatore, o registratore. Il mixer di fig. 18 amplifica. Il livello del segnale d'entrata non deve superare i 77 mV, cui corrisponde un segnale d'uscita di 1 V su una resistenza di carico di 30 kΩ. Se il livello del segnale d'entrata disponibile fosse maggiore di 77 mV, si dovrà ridurre il guadagno del mixer agendo su P_3, onde evitare di soprapilotare il transistor T. La risposta di frequenza è prati-

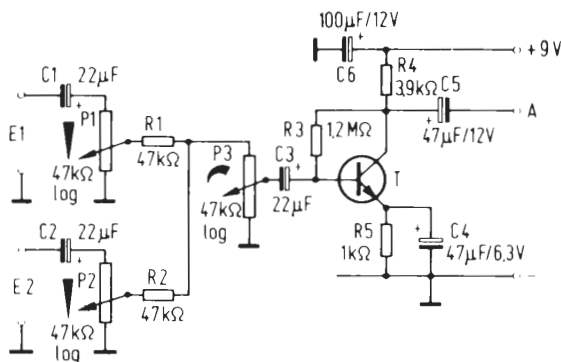



Fig. 18 Semplice mixer attivo per la miscelazione di due segnali audio

camente lineare tra 20 Hz e 100 kHz (± 0,5 dB). Per l'alimentazione si userà una piletta da 9 V, del tipo per radiolina a transistori. L'assorbimento di corrente è di 1 mA.

Elenco dei componenti

T	Transistor BC 109 C a basso rumore
P_1, P_2	Potenziometri a cursore 47 kΩ log
P_3	Potenziometro rotativo 47 kΩ log 0,1...0,2 W
R_5	Resistore 1 kΩ/0,25 W
R_4	Resistore 3,9 kΩ/0,25 W
R_1, R_2	Resistori 47 kΩ 0,25 W
R_3	Resistore 1,2 MΩ 0,25 W
C_1...C_3	Condensatori elettrolitici miniatura 22 μF 12 V
C_4, C_5	Condensatori elettrolitici miniatura 47 μF/12 V
C_6	Condensatore elettrolitico miniatura 100 μF/12 V

6.2 Mixer con ingressi ad alta impedenza e a bassa impedenza d'uscita

Per l'elaborazione di segnali audio provenienti da sorgenti ad alta impedenza interna, come ad esempio i pick-up piezoelettrici o i microfoni con traslatore incorporato, occorrono dei mixer ad alta impedenza d'entrata. Inoltre, il collegamento del mixer ad un registratore a nastro oppure ad un amplificatore di potenza, tramite un cavo di una certa lunghezza, richiede che il mixer esca a bassa impedenza. Si evitano così i ronzii che possono venir indotti da campi alternati dispersi nel cavo di collegamento e le alterazioni di risposta dovute alla capacità propria del cavo. Gli stadi di potenza a transistori hanno impedenze di ingresso di pochi kΩ: pertanto, per pilotarli, il mixer deve avere l'uscita a bassa impedenza.
In fig. 19 è riportato lo schema elettrico del circuito mescolatore, ad alta impedenza, di un mixer siffatto. La sezione amplificatrice è schematizzata in fig. 20. Data l'alta impedenza del circuito di mixaggio, lo stadio di ingresso dell'amplificatore è stato equipaggiato con un Fet, a inseguitore di source, in funzione di trasformatore di impedenza. Questa configurazione circuita-

Fig. 19 Sezione mescolatrice ad alta impedenza

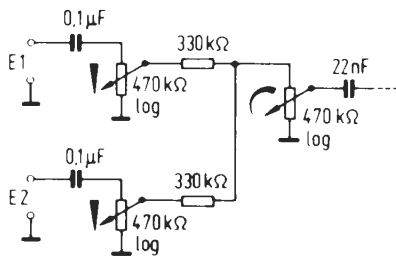
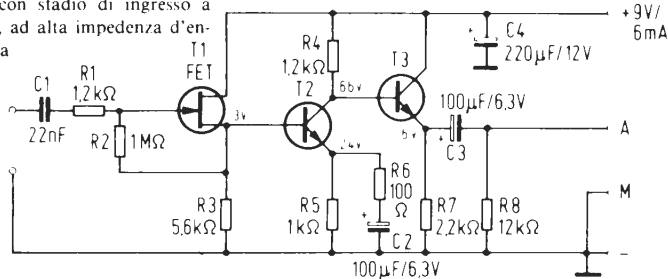



Fig. 20 Sezione amplificatrice con stadio di ingresso a Fet, ad alta impedenza d'entrata

le evita che la resistenza d'ingresso dell'amplificatore carichi il circuito dei dosatori. Il Fet è seguito da uno stadio di amplificazione e da un inseguitore d'emitter per l'ottenimento del segnale d'uscita a bassa impedenza. L'uscita è disaccoppiata per la componente continua da C_3 e fornisce 775 mV su 600 Ω, per 70 mV di entrata; il guadagno è pertanto di circa 20 dB (10 volte). La risposta in frequenza è piatta tra 30 Hz e 20 kHz.

Elenco dei componenti

Sezione mescolatrice

3	Potenziometri a cursore 470 kΩ log
1	Potenziometro rotativo 470 kΩ log
2	Condensatori poliestere 0,1 µF 63 V
2	Resistori 330 kΩ

Sezione amplificatrice

T_1	FET canale N: BF 244 A, 2N4304, BF 245
T_2, T_3	Transistori BC 109 B
R_6	Resistore 100Ω
R_5	Resistore 1 kΩ/0,2 W
R_1, R_4	Resistori 1,2 kΩ
R_7	Resistore 2,2 kΩ 0,5 W
R_3	Resistore 5,6 kΩ
R_8	Resistore 12 kΩ
R_2	Resistore 1 MΩ
C_1	Condensatore poliestere 22 nF 63 V
C_2, C_3	Condensatori elettrolitici miniatura 100 μF 6,3 V
C_4	Condensatore elettrolitico miniatura 220 μF 12 V

6.3 Piccolo mixer con stadio di uscita in super Darlington

Combinando insieme il circuito mescolatore di fig. 19 e l'amplificatore di fig. 21 si possono realizzare semplici mixer funzionanti a 9 V e caratterizzati da una grande dinamica d'uscita. Questa è ottenuta, su bassa impedenza, anche quando la tensione di alimentazione disponibile è modesta, mediante una doppia trasformazione di impedenza (circuito super Darlington).

Si osservi, dalla fig. 21, che T_3 e T_4 sono due inseguitori d'emettitore in cascata cui è affidata la doppia trasformazione di impedenza. Ovviamente l'assorbimento di corrente complessivo risulterà più grande di quello dell'amplificatore di fig. 20. Anche questo mixer amplifica 10 volte, ma fornisce un segnale d'uscita di 1,4 V su 600 Ω per un segnale d'ingresso di 140 mV. La risposta di frequenza è lineare entro ± 0,5 dB tra 20 Hz e 100 kHz. Dato il consumo, è opportuno alimentarlo con due batterie da 4,5 V (del tipo da lampadina tascabile) in serie tra loro. Il guadagno può venir eventualmente maggiorato riducendo il valore di R_6.

Elenco dei componenti

Sezione miscelatrice
(come l'esempio precedente)

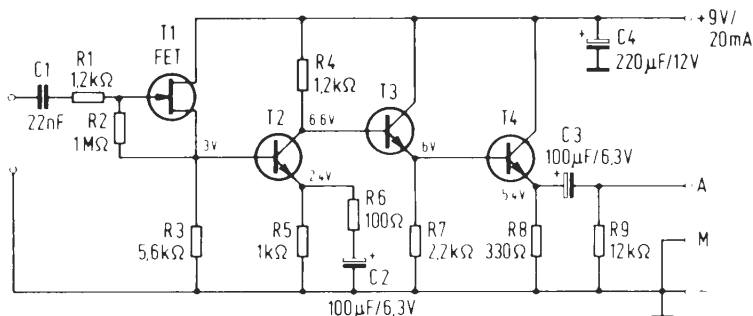



Fig. 21 Sezione amplificatrice con circuito d'uscita in super Darlington

Sezione amplificatrice:

T_1	Fel canale N: BF 244 A, 2N4304, BF 245
T_2, T_3	Transistor BC 109 C a basso rumore
T_4	Transistor BSY 53 oppure 2 N 40360
R_6	Resistore 100 Ω/ 0,2 W
R_8	Resistore 330 Ω/ 1 W
R_5	Resistore 1 kΩ
F_1, R_4	Resistori 1,2 kΩ
R_7	Resistore 2,2 kΩ
R_3	Resistore 5,6 kΩ
R_9	Resistore 12 kΩ
R_2	Resistore 1 MΩ
C_1	Condensatore poliestere 22 nF/ 63 V
C_2, C_3	Condensatori elettrolitici miniatura 100 µF 6V
C_4	Condensatore elettronitico miniatura 220 µF 12 V

6.4 Piccolo mixer a grande dinamica e bassa impedenza d'uscita

Se la tensione d'alimentazione disponibile è di 20 ... 27 V, (ottenuta da un alimentatore) si può realizzare un mixer capace di fornire 5 V su 600 Ω con guadagno 10. A tale scopo si utilizzerà ancora la sezione mescolatrice di fig. 19 in unione, però, all'amplificatore il cui schema elettrico è riportato in fig. 22. Dal punto di vista costruttivo, questa realizzazione si differenzia dalla precedente solo per la più elevata tensione di prova dei

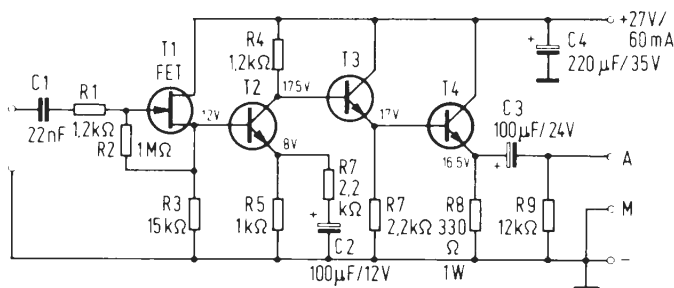



Fig. 22 Sezione amplificatrice con alimentazione V_B = 27 V

condensatori, nonchè per la maggior dissipazione richiesta ad R_8 (330 Ω/1 W).

6.5 Mixer a tre canali

In fig. 23 è riportato lo schema elettrico di un mixer a tre canali caratterizzato dalle più vaste possibilità d'impiego. La sensibilità degli ingressi E_1 ... E_3 è di 15 mV e la tensione d'uscita è di 0,775 V (terminali A_1) su 10 kΩ. Tutti i tre ingressi sono adatti al collegamento di microfoni ad alta o bassa impedenza interna. Qualora fosse richiesto di pilotare il mixer, oltre che con due microfoni, anche con un terzo segnale ad alto livello (proveniente ad esempio da un pick-up piezo), bisognerà desensibilizzare il relativo ingresso (E_3); per far ciò si collegherà in serie all'ingresso una resistenza d'alto valore (R_6 = 1 MΩ) che, oltre a ridurre il guadagno del canale, ne aumenterà l'impedenza interna. Ad evitare che l'inserzione di questa resistenza alteri il responso del sistema, si collegherà in parallelo ad essa un condensatore da 10 ... 50 pF. Il parallelo C_8, R_6 riduce la sensibilità dell'ingresso E_3 a 50 mV; la sensibilità degli ingressi E_1 ed E_2 rimane di 15 mV.
Collegando degli interruttori a slitta in parallelo alle resistenze eventualmente inserite in serie agli ingressi, si potrà commutare la sensibilità da alta a bassa.

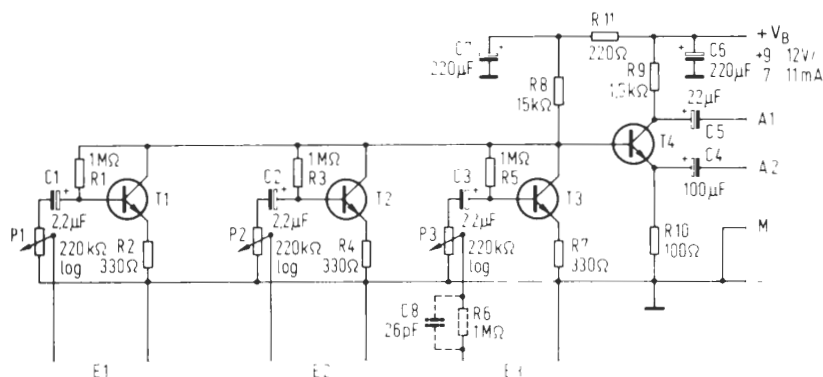



Fig. 23 Piccolo mixer a tre canali

Da notare, in questo mixer, il particolare circuito adottato per lo stadio di uscita (T_4). Esso fornisce, ai terminali A_1, un segnale ad alto livello (0,775 V), mentre ai terminali A_2 è presente un segnale a basso livello (77 mV). L'uscita A_1 è ad alta impedenza interna, mentre quella A_2 è a bassa impedenza.

Elenco dei componenti

$T_1 \dots T_3$	Transistor BC 109 C a basso rumore
T_4	Transistor BC 107 B
$P_1 \dots P_3$	Potenziometri a cursore 220 kΩ log
R_{10}	Resistore 100 Ω
R_{11}	Resistore 220 Ω/0,5 W
R_2, R_4, R_7	Resistori 330 Ω/0,2 W
R_9	Resistore 1,5 kΩ
R_8	Resistore 15 kΩ
R_1, R_3, R_5	Resistori 1 MΩ
R_6	Resistore 1 MΩ (secondo necessità)
C_5	Condensatore elettrolitico miniatura 22 µF 12 V
$C_1 \dots C_3$	Condensatori elettrolitici miniatura 2,2 µF 12 V
C_4	Condensatore elettrolitico miniatura 100 µF 12 V
C_6, C_7	Condensatori elettrolitici miniatura 220 µF 12 V
C_8	Condensatore di compensazione (styroflex o ceramico) 10...50 pF (secondo necessità)

6.6 Mixer con transistori ad effetto di campo

Il mixer di fig. 24 utilizza transistori ad effetto di campo (Fet). Questi sono caratterizzati da elevatissima impedenza di ingresso e basso rumore.

Agli ingressi di questo mixer si possono addurre segnali audio ad alta impedenza, diversi quanto a livello, come quelli provenienti da microfoni e pick-up piezoelettrici. Lo stadio di uscita, essendo a inseguitore d'emettitore, è caratterizzato da un'impedenza d'uscita particolarmente bassa; esso fornisce un segnale di 0,775 V su 600 Ω, per un segnale d'entrata di 10 mV all'ingresso E_1 o di 200 mV all'ingresso E_2.

Elenco dei componenti

$Fet_{1 \cdots 3}$	Fet a canale N: BF 244 A, oppure 2 N 4304 o BF 245
T_4	Transistor BC 109 C
T_5	Transistor BC 107 B
P_1, P_2	Potenziometri a cursore 1 MΩ log
$R_{2,5,6,9,10,11,12,13,16}$	Resistori 1 kΩ/ 0,2 W
R_{17}	Resistore 3 kΩ/ 1 W

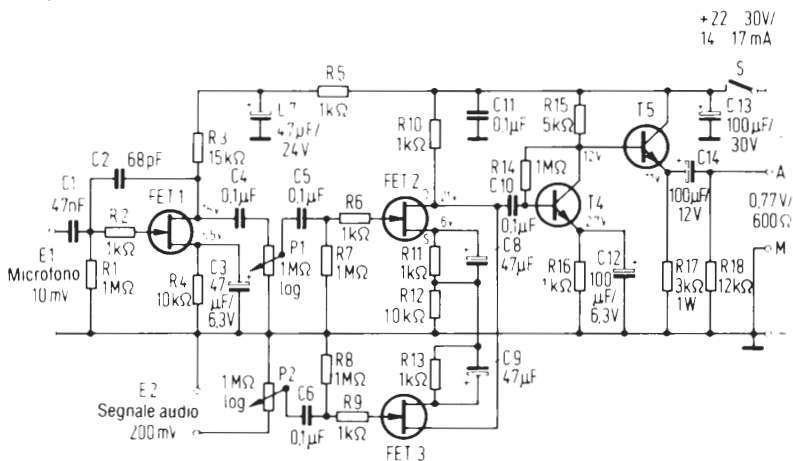



Fig. 24 Piccolo mixer a Fet

R_{15}	Resistore 5 kΩ 0,2 W
R_4	Resistore 10 kΩ 0,2 W
R_{18}	Resistore 12 kΩ 0,2 W
R_3	Resistore 15 kΩ
$R_{1,7,8,14}$	Resistori 1 MΩ 0,2 W
C_2	Condensatore styroflex o ceramico 68 pF 63 V
C_1	Condensatore poliestere 47 nF 63 V
$C_{4,5,6,10,11}$	Condensatori poliestere 0,1 μ 63 V
$C_{3,8,9}$	Condensatori elettrolitici miniatura 47 μF 6 V
C_7	Condensatore elettrolitico miniatura 47 μF 1,4 V
C_{12}	Condensatore elettrolitico miniatura 100 μF 6 V
C_{14}	Condensatore elettrolitico miniatura 100 μF 12 V
C_{13}	Condensatore elettrolitico miniatura 100 μF 30...35 V

6.7 Mixer a 4 canali con regolazione di livello del segnale somma

Colla combinazione del circuito miscelatore di fig. 25 e dell'amplificatore di fig. 26 si può realizzare un mixer atto a miscelare 4 segnali audio.

La sensibilità massima dell'amplificatore è di 2 mV/10 kΩ per V_A = 0,775 V/600 Ω. Agendo sulla resistenza variabile PR è possibile ridurre la sensibilità fino a 10 mV e, nel contempo, innalzare l'impedenza d'entrata fino a 220 kΩ. Il rapporto segnale/rumore è 45 dB e può venir ancora migliorato scegliendo per T_1 e T_2 transistori a basso rumore. Il regolatore principale P fa variare, in modo continuo, l'ampiezza del segnale d'uscita; questa regolazione è del tutto indipendente da quella dei dosatori di mixaggio. La configurazione circuitale di fig. 25 si differenzia da quella di fig. 18 in quanto il regolatore principale P è inserito a valle del primo stadio di amplificazione; con ciò si ottiene un migliore rapporto segnale/rumore. Se P fosse stato inserito a monte di T_1 si sarebbe bensì evitata la possibilità di sovrapilotaggio, ma si sarebbe degradato il rapporto segnale/rumore.

Al massimo di guadagno, la sensibilità degli ingressi E_1 ... E_3 è di 10 mV, cui corrisponde un livello di uscita di 0,775 V su 600 Ω. La risposta in frequenza è piatta entro ± 0,5 dB tra 20 Hz e

Fig. 25 Sezione miscelatrice a 4 canali

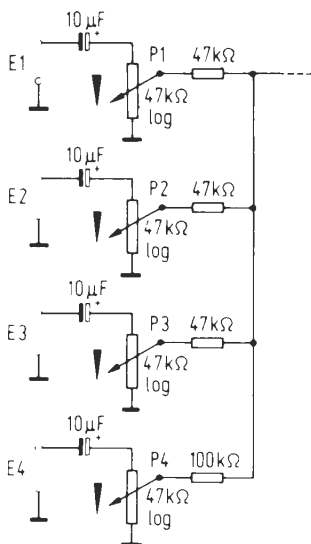
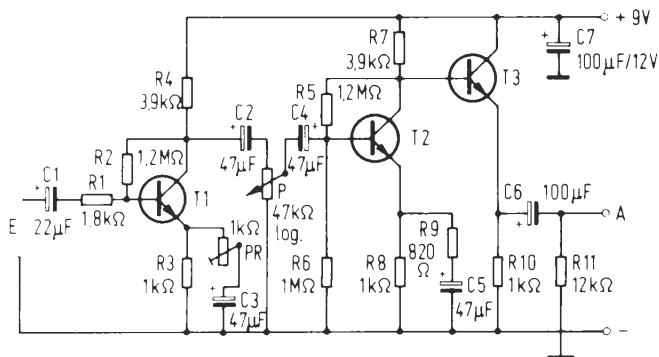



Fig. 26 Sezione amplificatrice del mixer con regolazione della sensibilità e regolazione del livello del segnale somma

100 kHz. La diafonia tra i singoli canali è piccolissima e l'interazione trascurabile (± 0,5 dB): i dosatori di mixaggio non si influenzano praticamente a vicenda. Con un'alimentazione di 9 ... 12 V, l'assorbimento di corrente è di 6 ... 10 mA. La sensibilità dell'ingresso E_4 è di 50 mV.

Questo mixer può venir alimentato anche con tensioni più elevate, col vantaggio di aumentarne la dinamica, a detrimento però del rapporto segnale/rumore, che peggiorerà di circa 3 dB. In tal caso si dovrà portare R_4 a circa 47 kΩ, e, per T_3, si userà un transistor BSY 53 oppure 2 N40360, munendolo di radiatore di raffreddamento. Anche i condensatori elettrolitici dovranno essere dimensionati per tensioni di prova maggiori. A 12 ... 24 V di alimentazione, l'assorbimento di corrente sale a 14 ... 18 mA.

Elenco dei componenti

Sezione miscelatrice

4	Potenziometri a cursore 47 kΩ long
3	Resistori 47 kΩ/0,2 W
1	Resistore 100 kΩ/0,2 W
4	Condensatori elettrolitici miniatura 10 μF/12 V

Sezione amplificatrice

T_1	Transistor BC 109 C a basso rumore
T_2, T_3	Transistor BC 107 B
P	Potenziometro rotativo 47 kΩ log
RP	Trimmer, event. con asse 1 kΩ
R_9	Resistore 820 Ω/0,2 W
R_{10}	Resistore 1 kΩ/0,5 W
R_3, R_8	Resistori 1 kΩ/0,2 W
R_1	Resistore 1,8 kΩ/0,2 W
R_4, R_7	Resistori 3,9 kΩ/0,2 W
R_{11}	Resistore 12 kΩ/0,2 W
R_6	Resistore 1 MΩ/0,2 W
R_2, R_5	Resistori 1,2 MΩ/0,2 W
C_1	Condensatore elettrolitico miniatura 22 μF/12 V
C_2, C_3, C_4, C_5	Condensatori elettrolitici miniatura 47 μF/12 V
C_6	Condensatori elettrolitici miniatura 100 μF/12 V

6.8 Mixer a 4 canali, con regolazione del livello di ogni canale, alimentabile a 20...24 V

Lo schema elettrico di fig. 27 si riferisce ad un mixer a 4 ingressi col quale è possibile miscelare insieme 4 programmi diversi. Gli ingressi microfonici E_1 ... E_3 hanno una sensibilità di 3 mV per una R_i di 7 kΩ; la tensione di uscita è di 0,775 V su 600 Ω. Al massimo di pilotaggio ammissibile, la tensione d'uscita è di

circa 1 V. L'ingresso E_4 è ad alta impedenza (R_E = 200 kΩ); la sua sensibilità è di 400 mV. Questo ingresso è quindi adatto ad essere collegato ad una sorgente di segnale audio ad alta impedenza interna. Ad esso si possono applicare benissimo segnali provenienti da radioricevitori e registratori a nastro. Particolarmente interessante, in questo circuito, è l'impiego dei trimmer resistivi PR_1 ... PR_3; questi consentono di ridurre la sensibilità degli ingressi E_1 ... E_3 fino a circa 120 mV e, nel contempo, di innalzarne l'impedenza interna fino a circa 150 kΩ. Il transistor T_4 amplifica il segnale somma, mentre T_5 funge da trasformatore di impedenza. Il transistor T_5, data la dissipazione, deve essere provvisto di radiatore di raffreddamento.
Se l'alimentazione viene portata da 9 V/8 mA a 20 ... 24 V/30 mA, la sensibilità degli ingressi E_1 ... E_3 sale a 1,5 mV, sempre per un segnale d'uscita di 0,775 V su 600 Ω. L'ampiezza massima del segnale d'uscita è di 2 V. Adottando l'alimentazione a 20 ... 24 V, i condensatori elettrolitici dovranno essere dimensionati in conseguenza, quanto a tensione di prova; inoltre, per T_5 si sceglierà un transistor tipo BSY 53 oppure 2 N 40360 (ß > 100) con radiatore. La risposta in frequenza è lineare entro ± 0,5 dB tra 20 Hz e 20 kHz. All'oscilloscopio non è stata notata distorsione apprezzabile.

Elenco dei componenti (funzionamento a 9 V)

$T_1 \ldots T_3$	Transistori BC 109 C a basso rumore
T_4	Transistor BC 107 B
T_5	Transistor BC 107 B rispett. BSY 53 o 2 N 40360 (per il funzionamento a 20...24 V)
$P_1 \ldots P_3$	Potenziometri a cursore 47 kΩ log
P_4	Potenziometro a cursore 220 kΩ log
$PR_1 \ldots PR_3$	Trimmer potenziometrici con asse 10 kΩ lin
R_{17}	Resistore 820 Ω 0,2 W
R_{18}	Resistore 1 kΩ, 1 W
R_7, R_9	Resistori 1 kΩ 0,2 W
$R_4 \ldots R_6$, R_{15}	Resistori 3,9 kΩ 0,2 W
R_{19}	Resistore 12 kΩ 0,2 W
$R_{10} \ldots R_{12}$	Resistori 60 kΩ 0,2 W
R_{20}	Resistore 220 kΩ 0,2 W
R_{14}	Resistore 1 MΩ 0,2 W
$R_1 \ldots R_3$, R_{13}	Resistori 1,2 MΩ 0,2 W

C_{13}	Condensatore styroflex o ceramico 10...15 pF/63 V
C_{14}	Condensatore poliestere 0,1 μF/63 V
C_1, C_2, C_3	Condensatori elettrolitici miniatura 22 μF/6 V
C_7, C_8, C_9, C_{11}	Condensatori elttrolitici miniatura 47 μF/6 V
C_4, C_5, C_6, C_{10}	Condensatori elttrolitici miniatura 47 μF/6 V
C_{12}	Condensatore elettrolitico miniatura 100 μF/6 V
C_{15}	Condensatore elettrolitico miniatura 470 μF/12 V

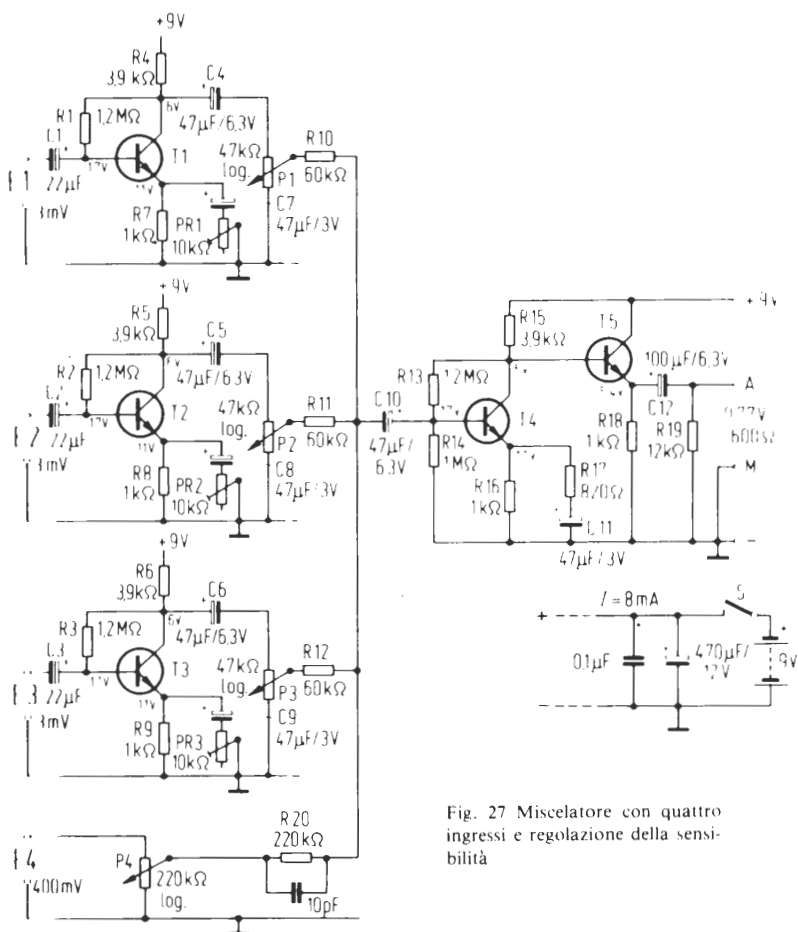



Fig. 27 Miscelatore con quattro ingressi e regolazione della sensibilità

7 Mixer modulari

7.1 Principi fondamentali della tecnica modulare

I mixer in esecuzione compatta fin qui descritti soddisfano la maggior parte delle esigenze pratiche. Chi necessita, invece, di apparecchiature di mixaggio dalle più vaste possibilità di impiego, di maggiori dimensioni, compatibili ed estensibili per ogni futura applicazione, deve adire alla tecnica modulare. Nella pratica dello studio professionale, si adotta di norma questa tecnica costruttiva per la realizzazione di banchi di regia fissi e mobili, costituiti da un certo numero di unità, o cassetti, che espletano le medesime funzioni o sono adibite a servizi diversi. La tecnica modulare consente di assiemare, in un unico banco, numerosi canali di mixaggio con o senza equalizzazione, correttori di tono, generatori di riverbero, amplificatori, ecc. Il banco di regia in esecuzione modulare è suscettibile anche di futuri ampliamenti e completamenti. Con un'apparecchiatura del genere si può praticamente risolvere qualsiasi problema di mixaggio o regia; infatti i moduli funzionali possono venir combinati variamente tra loro in modo da soddisfare le necessità contingenti. Ovviamente la compatibilità dei moduli pone problemi di standardizzazione e normalizzazione sia di tipo elettrico che di tipo meccanico, problemi che sono propri e caratteristici di questa tecnica costruttiva. I requisiti fondamentali richiesti alle unità modulari sono:

Requisiti elettrici

a) Ogni modulo deve adempiere, in modo completo, ad una particolare funzione in modo che, a parte i collegamenti di ingresso, uscita ed alimentazione, non sia necessaria, al suo funzionamento, alcuna circuiteria esterna.

b) I parametri d'entrata ed uscita di ogni unità modulare devono essere standardizzati nell'ambito di un'analisi circuitale unitaria, in modo che i singoli moduli possano venir comunque combinati, interconnessi o scambiati tra di loro o, eventualmente, completati con altri. Così, ad esempio, sostituendo una unità con un altra, non devono verificarsi variazioni sostanziali di guadagno o livello, nè manifestarsi fenomeni di retroazione o interazione con gli altri moduli della catena.
c) Uniformità di alimentazioni, in modo che tutte le unità possano venir collegate ad un bus di alimentazione unico.
d) I connettori del segnale, dell'alimentazione e di massa di tutte le unità devono essere del tipo irreversibile, devono portare una chiara denominazione che li individui ed essere disposti sul pannello secondo le norme. Per una facile e veloce intercambiabilità dei moduli, i connettori saranno del tipo ad innesto rapido oppure, ancor meglio, del tipo a pettine. In tal modo, la sostituzione dei moduli potrà venir effettuata anche da parte di utilizzatori privi di competenza specifica.
e) Facile manovrabilità.
I dispositivi di regolazione principale e secondaria devono essere disposti sul pannello frontale. Anche le regolazioni semifisse, a cacciavite, devono essere raggiungibili attraverso appositi fori del pannello. Ciò vale anche per i fusibili di alimentazione.
f) Elevata affidabilità elettrica e ottima qualità di riproduzione, ottenute grazie ad un progetto ben studiato ed all'impiego di componenti circuitali di qualità, di circuiti stampati e di una accurata costruzione meccanica, essa pure di tipo modulare.
g) Il montaggio elettrico dev'essere tale che le singole unità modulari non possano influenzarsi a vicenda a causa, ad esempio, di campi dispersi. Il circuito dev'essere studiato in modo che tutti i moduli, indipendentemente dal loro tipo, possano combinarsi ed interscambiarsi tra loro.

Requisiti meccanici

Solo se realizzata in base ad una reale standardizzazione ed unificazione sia elettrica che meccanica, l'unità modulare è veramente tale. Solo in tal modo si potranno realizzare grandi banchi di regia, atti a soddisfare le più svariate esigenze. La flessibilità meccanica deve corrispondere alla flessibilità elettrica.
La flessibilità meccanica si ottiene unicamente standardizzando al massimo il tipo di costruzione dei moduli, la loro forma e le loro dimensioni. Le singole unità devono essere costruite in modo che sia possibile combinarle insieme anche meccanicamente, inserendole in appositi contenitori modulari o in rack. Altezza, larghezza e profondità del contenitore dipendono, ovviamente, dal numero di moduli che si prevede di assiemarvi e dallo spazio riservato a futuri ampliamenti del sistema. Lo spazio per il momento inutilizzato, ma riservato agli ampliamenti, verrà mascherato con un pannello cieco. Particolare flessibilità elettrica e meccanica si ottiene addottando, per le unità modulari, dei cassetti normalizzati; questi sono muniti di connettori ad innesto; al loro interno, apposite guide e supporti consentono il facile montaggio dei circuiti stampati nonchè dei componenti.
Le unità modulari che descriveremo nel seguito sono state concepite in modo da poter venir usate sia indipendentemente che in mutua combinazione per la realizzazione «su misura» di grandi banchi di regia, suscettibili di successivi ampliamenti. La più parte di questi circuiti è alimentabile a 9...12 V oppure a 24... 28 V.
Le unità modulari descritte consentono pertanto, mezzi finanziari permettendo, di assiemare banchi di regia su misura dell'utilizzatore, caratterizzati da un'ottima qualità di riproduzione e da una grande affidabilità di funzionamento.

7.2 Amplificatore a basso rumore

Quando la sorgente sonora è notevolmente lontana dal microfono, il più delle volte bisogna portare al massimo il potenziometro di volume dell'amplificatore o quello di guadagno del registratore. Ne deriva, generalmente, un fruscio di fondo che

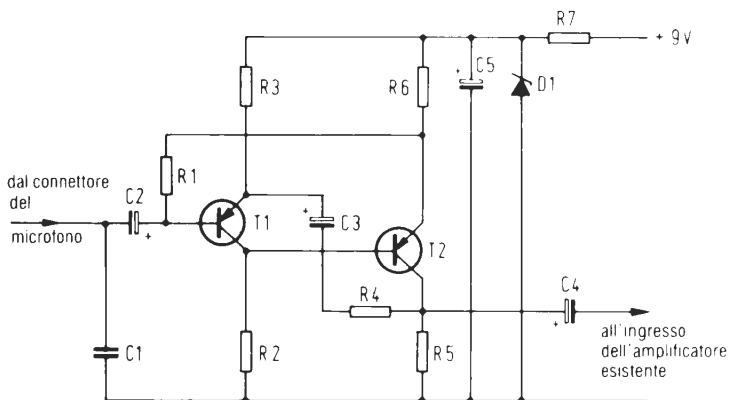



Fig. 28a Preamplificatore a basso rumore (negativo a massa)

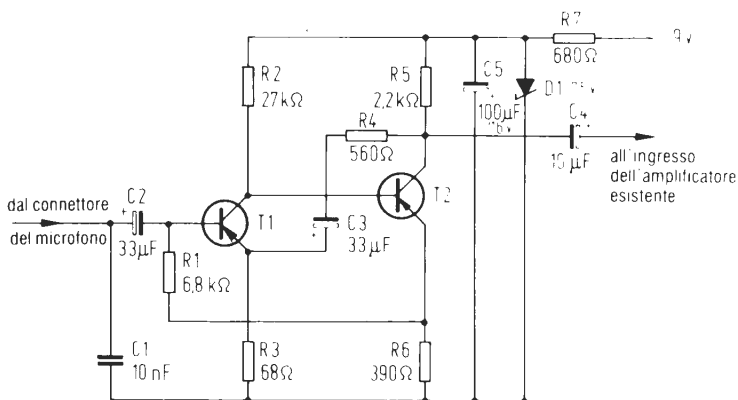



Fig. 28b Preamplificatore a basso rumore (positivo a massa)

degrada la qualità della riproduzione del segnale o della sua registrazione su nastro.
L'amplificatore di cui alle fig. 28a, b ricalca la filosofia di un preamplificatore microfonico progettato dalla Sennheiser Electronic. La sua sensibilità d'ingresso è tale che, anche utilizzando un microfono dinamico di alta classe (200 Ω di impedenza interna, fattore di conversione 0,2 mV/μbar) non occorre portare il potenziometro di volume al massimo. La riproduzione è perfetta ed il rapporto segnale/rumore molto buono.
Come si può desumere dallo schema elettrico di fig. 28, il preamplificatore consta di due stadi in cascata, doppiamente controreazionati; l'impedenza d'ingresso è di 1 kΩ, il guadagno 18 dB (8 volte). Il fattore di conversione di 0,2 mV/μbar di un microfono dinamico collegato a questo preamplificatore, diviene, all'uscita di questo, 1,6 mV/μbar. Un segnale di tale livello, applicato ad un amplificatore o registratore, è sufficiente a pilotarlo senza bisogno di spingerne al massimo il guadagno.
Il preamplificatore di fig. 28 è caratterizzato da una buona ri-

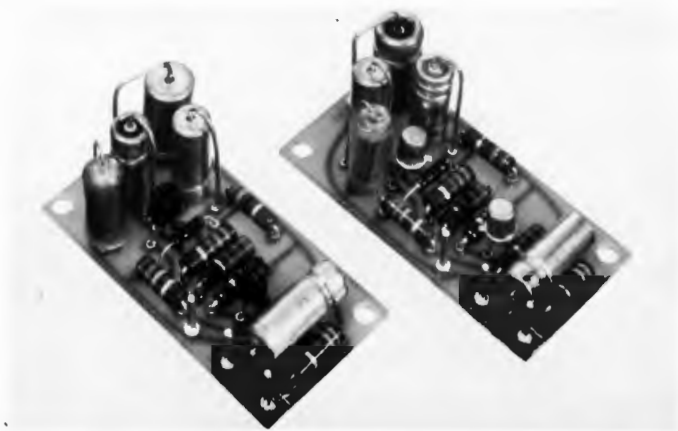



Fig. 28c Preamplificatore a basso rumore, ad alimentazione positiva o negativa (progetto: Sennheiser Electronic)

sposta in frequenza, la distorsione è minima e la dinamica molto elevata (circa 68 mV, < 1%).
Volendo montare questo preamplificatore in un registratore (se stereo, ne occorreranno due, uno per canale), oppure in un amplificatore, bisognerà sistemarlo nelle immediate vicinanze del connettore del microfono.
A seconda del tipo di alimentazione a disposizione, detto preamplificatore potrà essere realizzato col negativo a massa (fig. 28a) oppure col positivo a massa (fig. 28b). Se la tensione di alimentazione disponibile fosse maggiore di 9 V, si dovrà dimensionare la resistenza di caduta R_7 in accordo alla tabella che segue:

Tensione di alimentazione	R 7	Tensione di alimentazione	R 7
10 V	1,2 kΩ	20 V	5,6 kΩ
11 V	1,5 kΩ	22 V	6,3 kΩ
12 V	2,2 kΩ	24 V	8,2 kΩ
13 V	2,7 kΩ	26 V	8,2 kΩ
14 V	3,3 kΩ	28 V	10,0 kΩ
16 V	3,9 kΩ	30 V	10,0 kΩ
18 V	4,7 kΩ	250 V	120,0 kΩ

In seguito al desiderio espresso dagli autocostruttori e dagli appassionati della registrazione su nastro, la RIM Electronic fornisce il circuito stampato di questo preamplificatore (vedi fig. 28c). Si raccomanda l'uso dei transistor BC 415 (pnp) e BC 413 (npn).

7.3 Preamplificatore universale a controreazione regolabile

Nei preamplificatori ad alta sensibilità, chiamati ad amplificare segnali molto piccoli, come quelli forniti dai microfoni di qualità, i transistori e gli elementi circuitali in genere contribuiscono a generare il «noise», cioè il rumore. Questo ha origine nelle fluttuazioni statistiche della corrente nei semiconduttori e nelle resistenze. Il rumore può anche essere provocato da saldature difettose o mal eseguite. L'entità del rumore viene

espressa dalla cifra di rumore dei transistori, che è il rapporto tra l'energia del rumore e quella del segnale utile. La cifra di rumore, che è praticamente indipendente dalla frequenza, determina la sensibilità massima teorica del mixer o amplificatore.

Pertanto gli stadi di ingresso — e ciò vale in particolare per quelli ad alta sensibilità — vanno realizzati con transistori a basso rumore. Oggi si impiegano quasi esclusivamente transistori planari al silicio che sono caratterizzati, oltre che da basso rumore, anche da grande guadagno a bassa corrente di collettore. Gli stadi di ingresso vengono perciò equipaggiati o con Fet o con transistori al silicio a basso rumore, con correnti di collettore dell'ordine di 50 ... 500 μA. Tra i transistori a bassissimo rumore si annoverano i BC 453, i BC 414 (npn), nonchè i BC 416, BCY 67 (pnp).

Si osservi, dallo schema di fig. 29, che la resistenza di carico di T_1 (R_3 = 150 kΩ) è notevolmente elevata, per cui la corrente di collettore in questo transistor è oltremodo piccola.

Poichè i microfoni di qualità forniscono segnali esigui, quanto a livello (0,5...50 mV a seconda del fattore di conversione e delle modalità d'uso) e poichè la dinamica degli stadi di ingresso dev'essere quanto più grande possibile (secondo le norme DIN 45500 almeno ≥ 12 dB), tali stadi devono essere progettati con particolare cura. Per il circuito di fig. 29, la sensibilità, in accordo con il livello del segnale disponibile, viene determi-

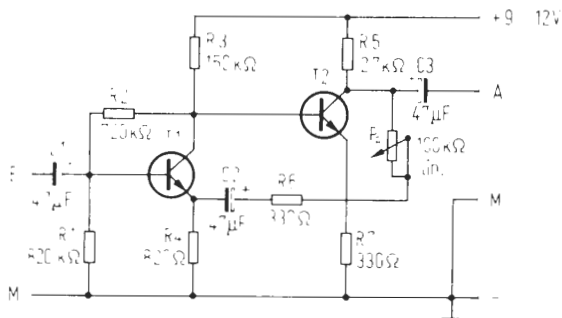



Fig. 29 Preamplificatore a controreazione regolabile

nata da una controreazione d'emettitore; in pratica questa è stabilita da una tensione audio regolabile, ricavata dal circuito di collettore di T_2, che viene ricondotta sull'emettitore di T_1, in opposizione di fase con quella ivi esistente per effetto del segnale d'entrata. L'ammontare della controreazione è regolato da P_R. Agendo su questa controreazione, è possibile variare la sensibilità d'ingresso da un massimo di 10 mV (per V_A = 0,775 V) ad un minimo di 1 V, senza perciò degradare il rapporto segnale/rumore contrariamente a quanto avverrebbe se si usasse un semplice attenuatore. In altre parole: dosando opportunamente la controreazione, è possibile pilotare il preamplificatore anche con segnali di alto livello, ad esempio con quelli provenienti da un radioricevitore UHF.
I transistori T_1 e T_2 sono stati scelti tra quei BC 414 che presentano il rumore più basso; il loro guadagno in corrente è risultato > 500. La tensione rumore, rilevata all'uscita, è risultata di 8 μV. La risposta in frequenza è lineare, a meno di + 0,3 dB, tra 20 Hz e 100 kHz.

7.4 Preamplificatore a grande dinamica, alimentabile a 9 .. 27 V

In fig. 30 è riportato lo schema elettrico di un altro preamplificatore a controreazione regolabile.

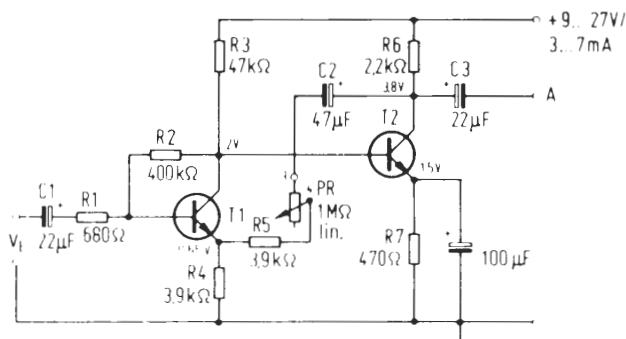



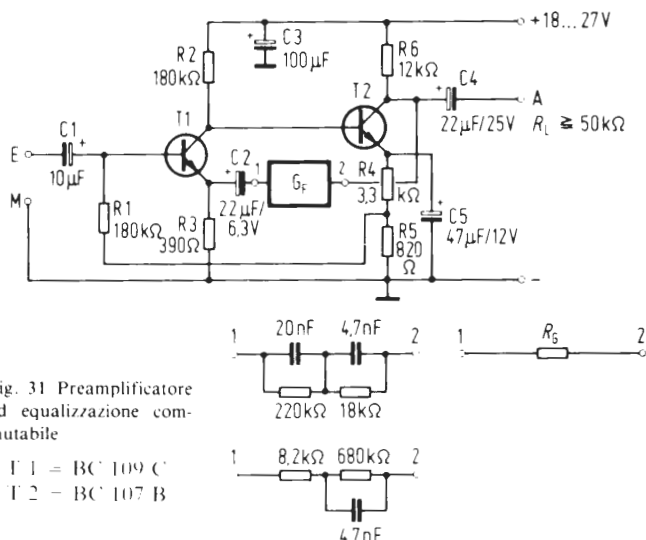
Fig. 30 Preamplificatore a grande dinamica per alimentazione a 9...27 V

Il guadagno e, pertanto, la sensibilità è regolabile con continuità da 15 mV per $V_A = 1$ V ed $R_E = 47$ kΩ, fino a 200 mV, rispettivamente 1,4 V per $V_A = 1{,}7$ V e $V_B = 27$ V/6...7 mA. Al minimo di sensibilità, cioè al massimo di controreazione, l'impedenza di ingresso è di 330 kΩ. La risposta in frequenza è lineare, entro ± 0,3 dB, tra 30 Hz e 100 kHz. T_1 è un BC 109 C a basso rumore e T_2 è pure un BC 109 C.

7.5 Preamplificatore equalizzatore

I preamplificatori fin qui descritti sono adatti ad essere collegati a sorgenti audio caratterizzate da risposta lineare di frequenza. L'impiego di pick-up magnetici richiede, invece, che la risposta del preamplificatore venga equalizzata in modo speculare alla caratteristica di incisione del disco.
In fig. 31 è riportato lo schema elettrico di un dispositivo del

Fig. 31 Preamplificatore ad equalizzazione commutabile

T 1 = BC 109 C
T 2 = BC 107 B

genere; il suo funzionamento è basato sul processo di controreazione.L'anello di controreazione, progettato in base alle norme di incisione RIAA, è costituito dai gruppi RC da 20 nF/220 kΩ e 4,7 nF/18 kΩ. Se il preamplificatore viene impiegato in unione alla testina di riproduzione di un registratore tape-desk, l'anello di controreazione va dimensionato secondo le norme NAB. Ovviamente il preamplificatore di fig. 31 può servire anche per la riproduzione di segnali provenienti da una sorgente audio lineare; in tal caso il gruppo RC di controreazione sarà sostituito da un'unica resistenza (R_G), il cui valore determinerà il guadagno dell'insieme. La controreazione lineare migliora ovviamente la risposta del preamplificatore e la rende indipendente dalla frequenza.

DATI TECNICI

con equalizzazione per pick-up magnetici	Guadagno: ca. 30 dB max. elongazione del segnale d'uscita sul carico di 50 Ω: 2V Resistenza di ingresso: 120 kΩ (f = 1 kHz) Tensione rumore: 10 μV Distorsione: 0,1%
con equalizzazione NAB	Amplificazione ca. 30 dB max. max. elongazione del segnale d'uscita su 47 kΩ: 2,5 V Resistenza di ingresso: 120 kΩ (f = 1 kHz) Tensione rumore: 15 μV Distorsione: 0,1%

7.6 Amplificatore separatore e sommatore

Lo scopo dell'amplificatore separatore è di «separare» tra loro i segnali provenienti da diverse sorgenti audio, in modo da evitarne l'interazione nonchè di compensare l'attenuazione intro-

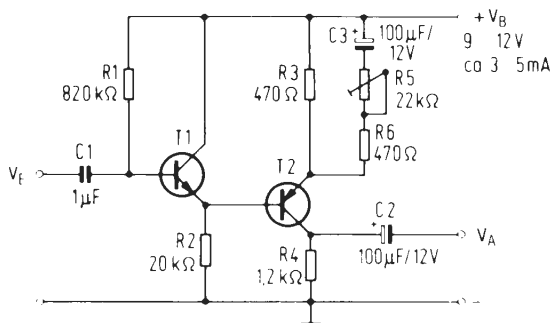
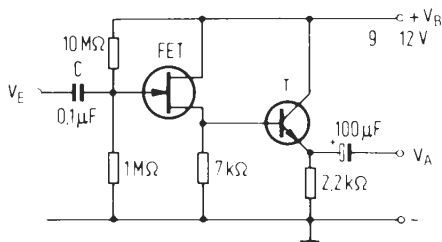



Fig. 32a Amplificatore separatore con guadagno > 1.

dotta nel segnale dal circuito sommatore. La fig. 32a mostra un semplice amplificatore separatore/sommatore; il suo circuito di ingresso, essendo configurato come inseguitore d'emettitore non carica il circuito sommatore.
L'impedenza d'ingresso è dell'ordine di 800 kΩ, a seconda del ß di T_1. Il secondo stadio è un amplificatore equipaggiato con il transistor pnp T_2. Il potenziometro R_5 regola il guadagno. Alla tensione di alimentazione di 9 ... 12 V, il massimo segnale applicabile all'ingresso è di circa 1 V; R_5 va regolato in modo che il guadagno risulti unitario, in modo cioè che l'attenuazione introdotta dal sommatore sia compensata dall'amplificazione del secondo stadio. La resistenza di carico ottimale è di 1 kΩ. Portandola a 2 kΩ, l'elongazione massima del segnale d'uscita sarà di 2 V. A 24 V di alimentazione, il massimo segnale applicabile all'ingresso è di 3 V, per V_A = 3 V/1 kΩ. Transistori usati: T_1 = BC 109 C, T_2 = BC 177 B.

7.7 Trasformatore d'impedenza

Se del circuito di fig. 32a si utilizza solo il primo stadio, si ottiene un dispositivo particolarmente indicato per disaccoppiare un segnale presente su alta impedenza e trasformarlo in uno analogo ma a bassa impedenza, senza che si manifestino fenomeni di retroazione.

Fig. 32b Trasformatore di impedenza equipaggiato con un Fet ed un transistor npn

Con transistor ad effetto di campo (Fet) o, meglio, con dei MOSFET si possono realizzare trasformatori di impedenza ad altissima resistenza d'entrata. Un circuito del genere, equipaggiato con un Fet a inseguitore di source, è illustrato a fig. 32b. Il secondo stadio è un inseguitore di emettitore a transistor npn.
Componenti usati: Fet = BF 245,T = 107 B.

7.8 Amplificatore universale — Amplificatore intermedio

Come dice il suo stesso nome, questo amplificatore può venir universalmente utilizzato in una catena di trasmissione dell'informazione audio. Generalmente lo si impiega come amplificatore intermedio, per portare il livello del segnale somma, uscente dal o dai preamplificatori, ad un livello sufficiente per la sua successiva elaborazione. Pertanto questo tipo di amplificatore deve essere sovraccaricabile al massimo. Il suo guadagno può venir facilmente modificato, a seconda delle esigenze contingenti, agendo sul valore della resistenza di controreazione.
L'apparato, il cui schema è riportato a fig. 33, è stato concepito in modo che guadagno ed impedenza d'ingresso possano venir modificati entro ampi limiti, a carico d'uscita costante (10 kΩ).
La risposta in frequenza di questo amplificatore è piatta entro ± 0,3 dB tra 20 Hz e 50 kHz. Per la massima flessibilità d'impiego, lo stadio d'ingresso è stato concepito come trasformatore d'impedenza. In pratica, questo amplificatore universale

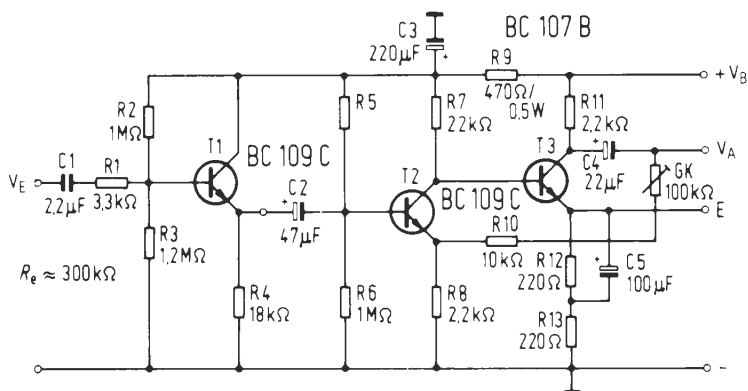



Fig. 33 Amplificatore universale a guadagno variabile

sfrutta una controreazione regolabile tra il collettore del secondo stadio e l'emettitore del primo. La controreazione è resa regolabile.

V_B = 9...12 V 3 mA

$V_{e\,max}$	$V_{a\,max}$	Guadagno	Note	Impiego tipico
20 mV	800 mV	40 volte	R 5 = 15 kΩ C 5 ‖ R 13 mit R 12	Preamplificatore con ingresso: ad alta impedenza
300 mV	1,5 V	5 volte	R 5 = 15 kΩ C 5 ‖ R 12	Amplificatore intermedio o sommatore a guadagno variabile con regolazione di R_G
V_B = 18...28 V ca. 6...9 mA				
50 mV	2 V	40 volte	R 5 = 28 kΩ C 5 ‖ R 13 con R 12	Preamplificatore con ingresso: ad alta impedenza
0,7 V	3,5 V	5 volte	R 5 = 28 kΩ C 5 ‖ R 12	Amplificatore intermedio o sommatore a guadagno variabile

Nell'ambito dei valori di guadagno riportati in tabella, misurati con G_K = 100 Ω, questi possono venir modificati, variando il valore della stessa. I valori riportati sono stati rilevati con un carico R_L = 10 kΩ; non si è riscontrata distorsione di ampiezza rilevabile.
Il segnale rumore è accettabilmente piccolo; la sua entità dipende dalla resistenza interna della sorgente di segnale utilizzata. Dalla soprariportata tabella si rileva altresì che l'elongazione massima del segnale d'uscita è condizionata dalla tensione di alimentazione.
L'amplificatore in oggetto è pilotabile anche da parte di sorgenti di segnale audio a bassa impedenza, in pratica fino a 2 kΩ, senza dover perciò ricorrere a traslatori.

7.9 Circuito correttore di tono

In fig. 34 è riportato lo schema elettrico di un semplice circuito per la regolazione di tono. Lo stadio di ingresso è a inseguitore d'emettitore con una R_E di 120 kΩ. Da questo, il segnale è addotto, senza che si verifichi interazione, alle due reti correttrici, una per le frequenze basse ed una per quelle alte. Il segnale

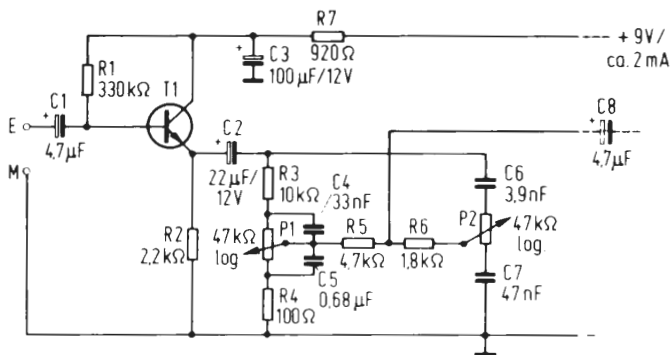



Fig. 34 Circuito correttore di tono a due partitori di tensione dipendenti dalla frequenza

d'uscita, il cui andamento in frequenza dipenderà dalle regolazioni di P_1 e P_2 andrà applicato ad un successivo stadio di amplificazione avente un'impedenza d'ingresso maggiore di 50 kΩ. Il segnale d'uscita è disaccoppiato, per la componente continua, da C_8. Le reti correttrici introducono sul segnale in transito un'attenuazione di circa 14 dB. I campi di regolazione sono:

P_2, regolatore toni alti: + 12 ... —18 dB a 15 kHz
P_1, regolatore toni bassi: + 12 ... —18 dB a 30 Hz
alla tensione di alimentazione di 9...12 V/ca. 2 mA

Questo circuito è stato concepito per essere utilizzato in unione all'amplificatore di controllo e monitoraggio di fig. 48. Con questa combinazione, la sensibilità d'entrata dell'amplificatore di monitoraggio è di 250 mV/120 kΩ, per un'uscita di 1 W su 5 Ω, R_{13} = 62 Ω. La risposta è lineare tra 40 Hz e 20 kHz, + 1 dB.

7.10 Modulo correttore di tono a controreazione

Il modulo correttore di tono di fig. 35 è stato progettato in modo da non introdurre nel segnale elaborato nè attenuazione nè amplificazione. Si ottiene così che l'inserzione del modulo nella

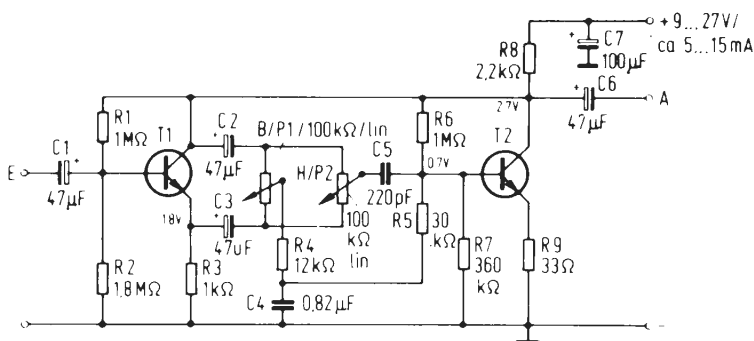



Fig. 35 Circuito correttore di tono a controreazione

catena di amplificazione non alteri il livello del segnale in transito. Il livello massimo ammissibile del segnale d'ingresso è di 0,5 V con una R_E di 330 kΩ.

7.10.1 Esaltazione e attenuazione delle frequenze alte e basse

Le due reti dipendenti dalla frequenza fanno parte dell'anello di controreazione. Se i due potenziometri B/P_1 ed H/P_2 sono a metà corsa, i segnali sui loro cursori sono in opposizione di fase e quindi il loro effetto si annulla a vicenda: di conseguenza la risposta in frequenza del sistema risulta lineare. Se, invece, i due segnali sono in fase (reazione positiva) si ha un effetto di esaltazione; di contro, se sono in opposizione (reazione negativa) si ha attenuazione. Così, se si ha concordanza di fase per le note alte, queste saranno esaltate; viceversa, se vi è opposizione di fase si avrà attenuazione degli alti. Lo stesso vale per le note basse.

I campi di regolazione sono:

B/P_1, regolatore toni bassi: ± 12 dB a 30 Hz
H/P_2, regolatore toni alti: ± 12 dB a 15 kHz

Alimentazione consigliata: non meno di 9 V; si suggerisce però una alimentazione più alta, a 12 ... 24 V onde aumentare l'elongazione del segnale d'uscita e migliorare il rapporto segnale/rumore.

Transistori usati: T_1 = BC 413, T_2 = BC 413 (BC 109 B).

7.11 Modulo correttore di tono con regolatore di presenza ad amplificatore operazionale

La fig. 36 mostra un circuito correttore di tono equipaggiato con un amplificatore operazionale μA 741 in esecuzione dual-

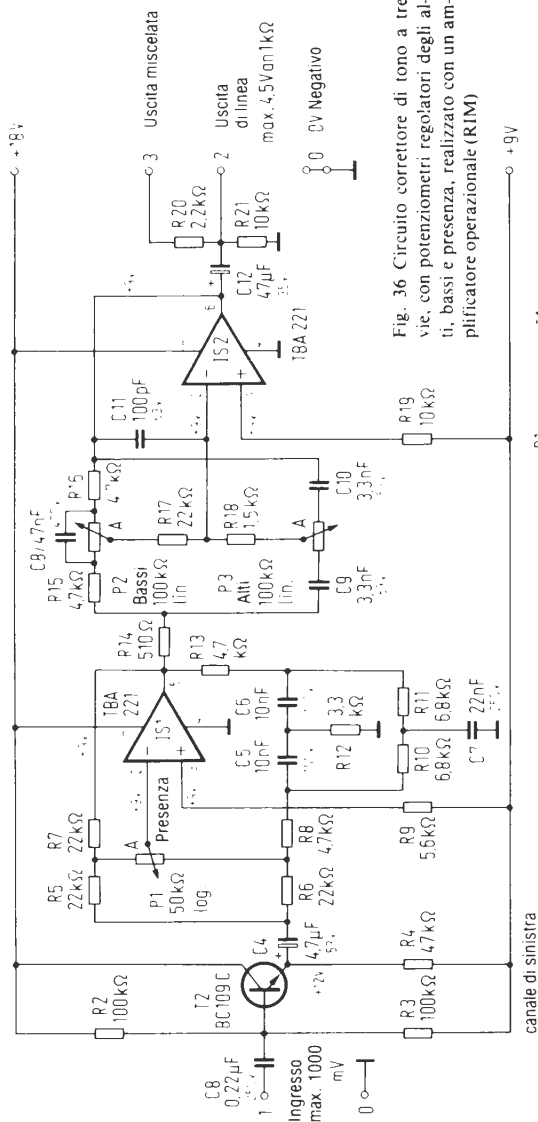



Fig. 36 Circuito correttore di tono a tre vie, con potenziometri regolatori degli alti, bassi e presenza, realizzato con un amplificatore operazionale (RIM)

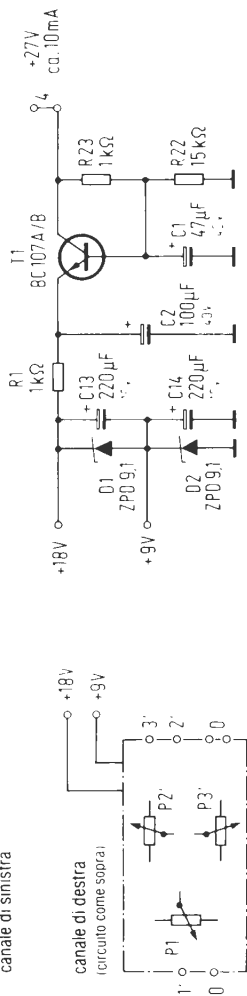
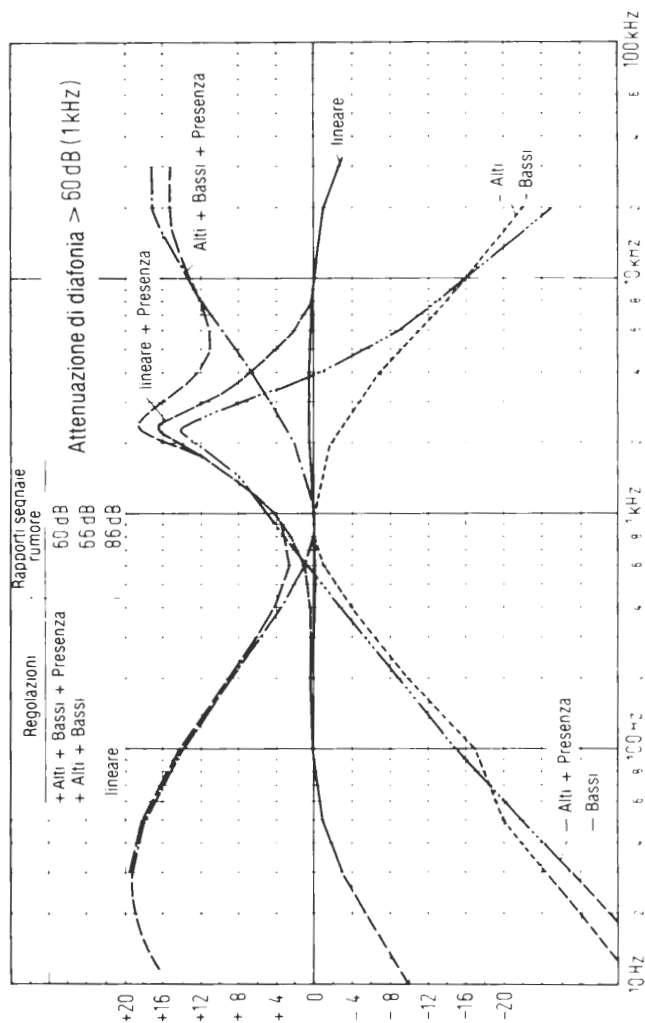



Fig. 37 Attenuazione di diafonia del modulo correttore di tono in esecuzione stereo

in-line; la sua piedinatura è identica a quella del ben noto μA 709. Questo circuito integrato monolitico è a basso rumore, anche ad alti valori di guadagno, non richiede alcuna compensazione di frequenza esterna e la sua uscita è protetta internamente contro il cortocircuito.

Questo modulo è provvisto di tre regolatori di tono: alti, bassi e presenza. Il regolatore di presenza consente di esaltare le frequenze intorno a 2,5 kHz, il che è particolarmente utile nella trasmissione della parola. L'esaltazione selettiva delle frequenze intorno ai 2,5 kHz è ottenuta mediante una rete a doppio T, facente parte dell'anello di controreazione di IC_1. Dimensionando opportunamente gli elementi circuitali di questa rete, la controreazione diminuisce a questa frequenza (2,5 kHz) e, di conseguenza, il guadagno dell'insieme aumenta. L'effetto di esaltazione può venir dosato da zero (riproduzione lineare) fino a + 15 dB a 2,5 kHz, agendo sul potenziometro P. A questo circuito segue la rete correttrice dei toni alti e bassi, con il secondo operazionale μA 741 C. Il campo di regolazione dei toni alti è di ± 17 dB a 15 kHz. Il campo di regolazione dei toni bassi è di ± 20 dB a 30 Hz. L'impedenza d'uscita del modulo in oggetto è molto bassa; la sovraccaricabilità eccellente. Il circuito d'ingresso è stato equipaggiato con un Fet, a inseguitore di source; pertanto l'alta impedenza d'entrata fa di questo modulo un'unità di impiego universale. Il guadagno complessivo è unitario e quindi l'inserzione di questo modulo in una catena di amplificazione non altera il livello del segnale in transito, sempreché, beninteso, i regolatori di tono siano posizionati per la riproduzione lineare.

L'apparato richiede una doppia alimentazione: +9 V e -9 V. Queste due tensioni sono ricavate dalla tensione di alimentazione generale di 27 V mediante due diodi Zener da 9 V. L'andamento del rapporto segnale/rumore è illustrato dal grafico di fig. 37. Nella sua esecuzione stereo, il modulo presenta un livello di diafonia di —60 dB, raggiungibile però solo con un montaggio molto accurato e con una ben studiata disposizione degli elementi circuitali.

7.12 Modulo T-notch

Talora si richiede di attenuare o addirittura sopprimere una particolare componente del segnale, ad una certa frequenza. Mediante il circuito di fig. 38, basato sull'impiego di un ponte di Wien, è possibile attenuare fino a -45...-60 dB segnali di determinate frequenze (ad esempio rumore di rotazione del piatto giradischi, fruscii d'incisione, ecc.) senza che le frequenze adiacenti vengano ridotte in modo apprezzabile. Attribuendo ai condensatori del ponte valori di capacità opportuni, si possono attenuare frequenze diverse. Se $C_2 = C_2' = 0{,}1\ \mu F$ i segnali a 125 Hz vengono attenuati di almeno 45 dB, cioè più di 100 volte. Se $C_2 = C_2' = 50$ nF, la frequenza di notch (letteralmente, buco) è 250 Hz, e a $C_2 = C_2' = 1$ nF, 12,5 kHz. Trascurando la resistenza interna dello stadio invertitore di fase, se le resistenze ed i condensatori dei due rami del ponte di Wien sono uguali tra loro, la frequenza di notch, cioè di massima attenuazione è

$$f_{notch} = \frac{1}{2\pi fRC}$$

in cui $R = R_5 = R_6$ e $C = C_2 = C_2'$, ecc.
L'amplificazione di questo modulo è circa 1,25. Il livello massimo ammissibile del segnale di ingresso è di circa 400 mV, per $V_A = 0{,}5$ V/10 kΩ. L'impedenza di ingresso è di 220 kΩ. Se il filtro è commutato in posizione 1/1', il modulo funge unicamente da trasformatore di impedenza. Il filtro viene allineato mediante P_1; la regolazione di P_1 influenza la «profondità» del notch di attenuazione.
Transistor impiegati: T_1 = BC 109 C, T_2 = BF 244 A (BF 245) T_3 = BC 177 B.

7.13 Amplificatore universale a bassa impedenza d'uscita

In certi casi e, in particolare, quando i cavi di collegamento tra il banco di regia o tavolo di controllo, e l'amplificatore di po-

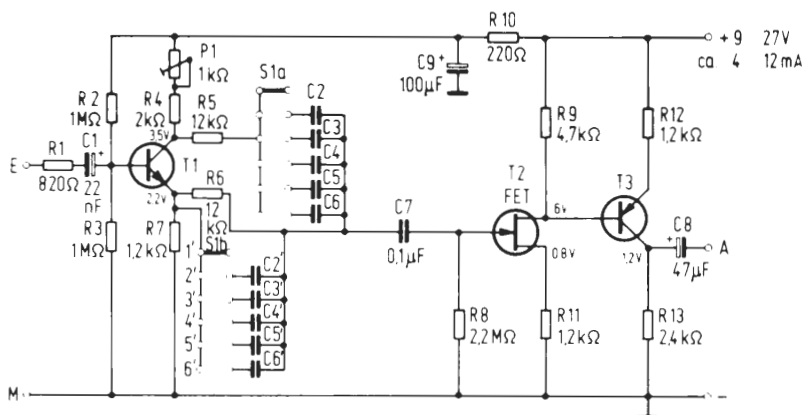



Fig. 38 Circuito del filtro T-notch

tenza risultano molto lunghi, o quando non sia assolutamente possibile servirsi di cavi schermati, l'impedenza di uscita della sorgente di segnale dev'essere la più bassa possibile.
La fig. 39 illustra come si possano realizzare amplificatori siffatti: si osservi che questo amplificatore, privo di trasformatore di uscita, consta di una coppia di transistori complementari (T_2, T_3) e di uno stadio pilota (T_1). L'impedenza d'entrata di

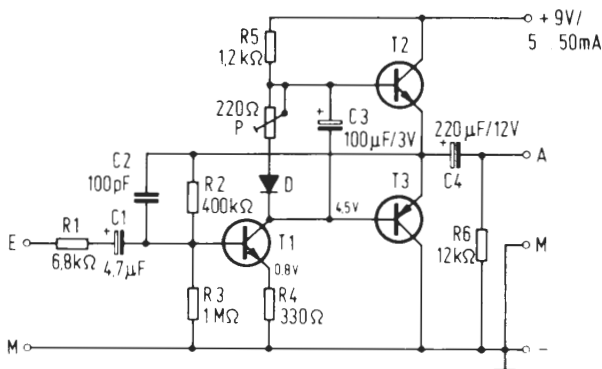



Fig. 39 Amplificatore a bassa impedenza d'uscita

questo modulo è di 68 kΩ. Per un'uscita di 0,775 V su 8 Ω ($P \geq 50$ mW), il segnale di pilotaggio dev'essere di 350 mV. L'amplificatore in oggetto può venir utilizzato anche come unità di monitoraggio per cuffie Hi Fi, con resistenza interna da 8 fino a 2.000 Ω.
Tra le altre sue possibili applicazioni sono da menzionare quella di amplificatore captatore nel generatore di riverbero e quella di amplificatore d'uscita per radioline portatili. La sua risposta in frequenza è piatta entro ± 1 dB tra 40 Hz e 20 kHz.
Per T_1 e T_2 sono stati utilizzati dei transistori BC 107 B e, per T_3, un BC 177 B. Quest'ultimo deve venir appaiato con T_2, in modo da formare una coppia veramente complementare. Tutti i transistori devono essere muniti di radiatore di raffreddamento. Il diodo D è una BA 127 D (Siemens); questo dev'essere montato in contatto termico con i radiatori dello stadio finale.

8 Mixer speciali modulari

Indichiamo con questa denominazione quelle unità di mixaggio che non appartengono più alla dotazione di apparecchiature del genere consumer, ma costituiscono un prezioso ausilio per l'amatore del suono. Tra questi apparati annoveriamo, in particolare: indicatori di sovraccarico, misuratori di livello in esecuzione speciale, circuiti di priorità, compressori di dinamica, relé acustici, generatori di riverbero e generatori di segnali a scopo di misura.

Anche i generatori di effetti speciali, perlopiù usati in musica

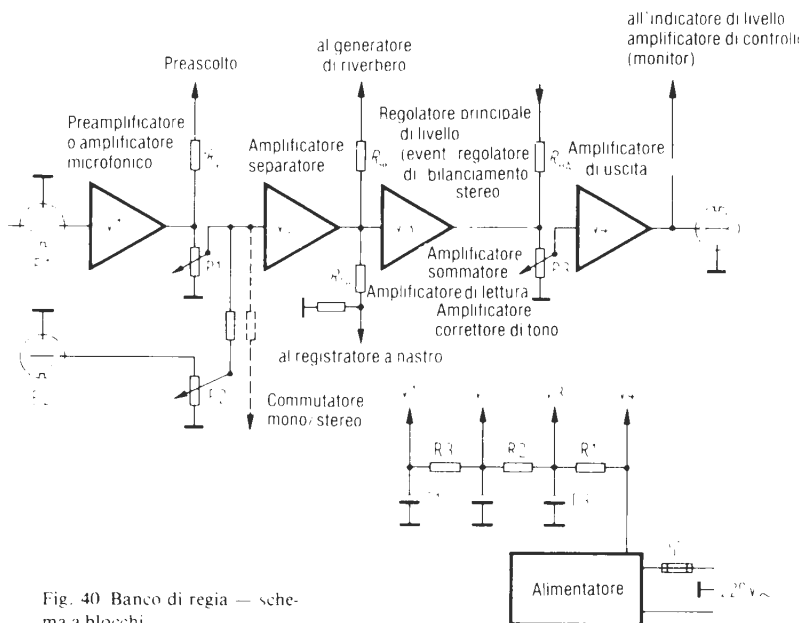



Fig. 40 Banco di regia — schema a blocchi

elettronica, possono venir integrati in un banco di regia. Il regista disporrà così di un ulteriore strumento per manipolare in modo personalmente creativo il processo elettroacustico ed ottenere un ottimo di riproduzione impressiva. Questo capitolo è perciò dedicato all'autocostruzione di alcune di queste unità speciali, adatte ad essere inserite nel banco di regia.
La fig. 40 illustra come varie unità modulari possano venir assiemate tra loro nella realizzazione di un sistema completo (schema a blocchi).

8.1 Indicatore luminoso di sovraccarico

Per l'utilizzatore di un banco di regia, privo di competenza specifica, l'accendersi di una segnalazione luminosa ha spesso un significato più immediato che non l'indicazione di uno strumento di misura, come il VU-meter. È il caso dell'indicatore di sovrapilotaggio, o sovraccarico che dir si voglia. Il relativo circuito è molto semplice (fig. 41). Grazie all'impiego di uno stadio trasformatore d'impedenza a Fet, con una R_E di circa 1 MΩ, l'indicatore di sovraccarico può venir collegato anche in un punto ad alta impedenza della catena audio senza perciò provocare attenuazione del segnale ivi presente. L'inseguitore di source fornisce, a bassa impedenza, il segnale che va ai diodi rettificatori D_1 e D_2. Il segnale rettificato arriva al transistor T_1

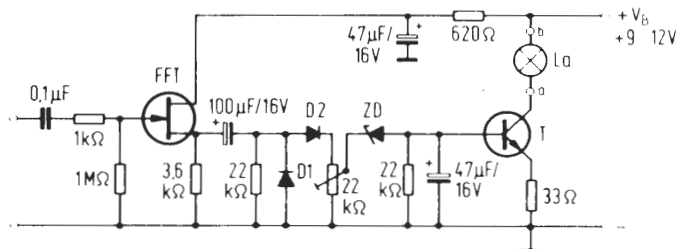



Fig. 41 Segnalatore luminoso di sovraccarico

attraverso il regolatore di soglia (potenziometro da 22 kΩ). T_1 funge da interruttore per il circuito della lampadina La. Andando in conduzione, il transistor fa accendere la lampadina spia; la soglia di conduzione è determinata dallo Zener ZD e dalla regolazione del potenziometro da 22 kΩ. Quando la corrente di base di T_1 sale, il transistor si porta in regime di conduzione e la sua corrente di collettore, fluendo attraverso la lampadina, la fa accendere.
Il Fet utilizzato è un BF 244 oppure un 2 N 4304; D_1 e D_2 sono comuni diodi al germanio, lo Zener ZD è da 1 V; lo stadio di commutazione è stato equipaggiato con un BSY 53 oppure con un 2 N 40360. La lampadina di segnalazione è da 10 V/0,05 A.

8.2 Amplificatore di misura

La fig. 42 mostra un circuito amplificatore dai più svariati impieghi. Lo stadio di ingresso è a Fet con una impedenza d'entrata di circa 1 MΩ. Dei due stadi che seguono, il primo è un amplificatore con un transistor pnp, il secondo un inseguitore d'emettitore. Il guadagno complessivo è di circa 233 volte, cioè più di 45 dB. L'amplificazione può venir ridotta fino a circa 1/5 del suo valore massimo, regolando PR. Se questo è regolato a PR = 2 kΩ, la sensibilità di ingresso sarà di 10 mV per V_A = 0,755 V su R_L = 2 kΩ. Questo apparato si presta molto bene

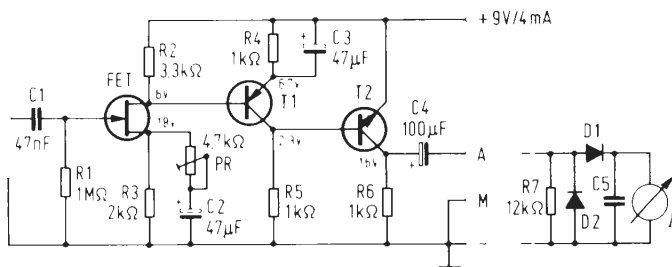



Fig. 42 Amplificatore di misura ad alta impedenza d'ingresso

ad essere usato come amplificatore di misura; infatti la sua uscita è adatta ad azionare uno strumento indicatore «VU» anche di grandi dimensioni. Per far ciò, il segnale d'uscita, che è a un livello di impedenza relativamente basso, va applicato al circuito rettificatore costituito dai diodi D_1 e D_2 e dal condensatore di integrazione C_5; il valore di capacità di C_5, che sarà di preferenza commutabile, va scelto in accordo al tipo di programma monitorato in modo che l'indicazione dello strumento VU lo segua correttamente. Il tempo di integrazione dev'essere un compromesso tra velocità di risposta dello strumento e sufficiente pilotaggio del medesimo. La velocità di risposta condiziona l'immediatezza di segnalazione del sovraccarico. Il valore di capacità da assegnare a C_5 (circa 2,2 μF) va trovato sperimentalmente, dato che lo smorzamento meccanico dello strumento varia da tipo a tipo.

Le prove effettuate con un microamperometro da 250 μA e 300 Ω di resistenza interna hanno dimostrato che questo va a fondo scala con una V_E di 10 mV. Se il livello di segnale a disposizione fosse maggiore, questo andrà attenuato mediante un attenuatore costituito da un potenziometro da 1 MΩ e da un ulteriore condensatore di accoppiamento da 47 nF, da inserirsi all'ingresso dell'amplificatore.

Grazie alla sua alta sensibilità ed elevata impedenza di ingresso, l'amplificatore di misura descritto può venir inserito in praticamente qualsiasi punto della catena audio. Fet = BF 244 oppure 2 N 4304; T_1 = BC 177 B, T_2 = BC 107 B; D_1 = D_2 = diodi al germanio.

8.3 Relé acustico

Il circuito di fig. 43 è un relé acustico. La bobina del relé viene eccitata dal Darlington T_3, T_4, la cui corrente di base è fornita dal circuito rettificatore costituito dai dioci D_1, D_2 e dal gruppo R_8 C_5.

Questo apparato, pilotato da un microfono attraverso la necessaria preamplificazione, può essere utilizzato a mò di controllo e sorveglianza acustica. I contatti del relé possono venir collegati ad un circuito che mette in moto un registratore alimentato a batterie, oppure fa suonare un avvisatore acustico mono o bitonale. T_3 = BC 107 B, T_4 = BSY 53, D_1 = D_2 = diodi al germanio, D = BAY 44.

8.4 VU-meter con allarme acustico di sovraccarico

Le fig. 44 e 45 mostrano come un amplificatore di misura possa venir utilizzato in unione ad un relé acustico per ottenere un indicatore di sovraccarico con allarme sonoro.
L'amplificatore del VU-meter ha una sensibilità di circa 8 mV/120 kΩ e, con questo segnale applicato al suo ingresso, manda a fondo scala un microamperometro da 300 μA di grandi dimensioni (V_A = 400 mV). Il valore di capacità di C_4 va trovato sperimentalmente, scegliendolo in funzione del tipo di programma da monitorare. P_1 regola la sensibilità, mentre P_2 determina la costante di tempo del circuito indicatore; questa va scelta in funzione dello smorzamento meccanico del microamperometro impiegato.
Il segnale audio rettificato, presente sull'uscita A_1, pilota un sensibile relé acustico, realizzato con un moderno circuito Dar-

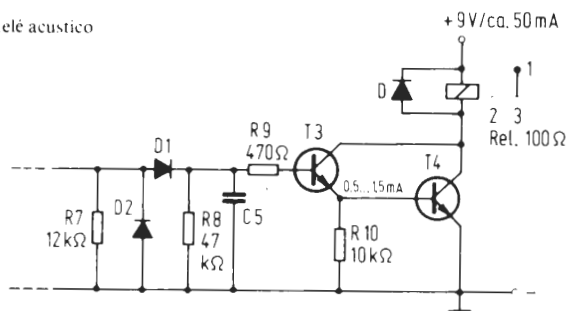
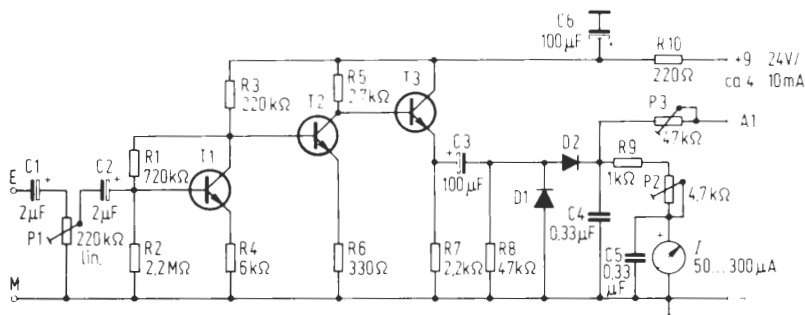
Fig. 43 Relé acustico

T 1 – BC 109 B; T 2 – BC 107 B; T 3 = BC 107 B; D 1, 2 AA 112

Fig. 44 Circuito VU-meter con uscita ausiliaria

lington (fig. 45). Questo fornisce una corrente di collettore notevole; pertanto esso è in grado di eccitare non solo un relé ma anche di sopportare carichi più elevati, come quelli di un ronzatore, di una lampadina a forte luminosità oppure anche di un intero apparato a transistori. In parallelo all'eventuale relé si dovrà collegare un diodo di protezione, come ad esempio un BAY 44. R_L sarà dell'ordine di 50...300 Ω.

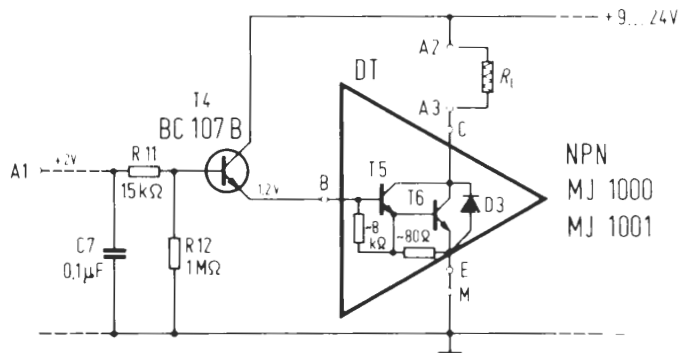



Fig. 45 Circuito di commutazione con transistor Darlington

8.5 Indicatore optoelettronico di livello per la rivelazione immediata dei picchi di sovraccarico

La RIM Electronic ha sviluppato un moderno e pratico indicatore di livello (fig. 46), basato sull'impiego di diodi luminescenti all'arseniuro di gallio. I picchi del segnale vengono messi in evidenza, senza alcuna inerzia, da un sistema di 9 diodi luminescenti (Led) disposti in fila. L'indicazione luminosa dà l'ampiezza percentuale istantanea del segnale audio. I diodi dell'allineamento possono anche essere di colore diverso: in tal modo l'indicazione di sovrapilotaggio o sovraccarico, che dir si voglia, risulterà particolarmente immediata. L'indicatore di livello descritto è caratterizzato da grande sensibilità ed elevata impedenza d'ingresso; pertanto esso può venir inserito praticamente in qualsiasi punto della catena audio.
Questo, in breve, il funzionamento: il primo stadio è un inseguitore di emettitore ad alta impedenza d'entrata che può venir collegato a qualsiasi altra apparecchiatura senza praticamente caricarla. Segue un amplificatore audio a due stadi che eleva il livello del segnale. Il segnale amplificato viene applicato al circuito rilevatore comprendente i diodi D_1 e D_2 ed il transistor T_4 che, insieme,costituiscono un rettificatore di picco; grazie a questa configurazione circuitale, l'indicatore segnalerà anche i picchi istantanei del segnale audio monitorato. Lo stadio che segue, comprendente il transistor T_5, in funzione di trasformatore d'impedenza, ed i diodi di protezione D_3 ... D_5, pilota i transistori di commutazione T_7 ... T_{15}, attraverso le relative resistenze di base da 5,1 kΩ. I circuiti di collettore di T_7 ... T_{15} contengono i diodi luminescenti GD_1 ... GD_9. La corrente necessaria ad eccitare questi diodi viene fornita dal transistor T_6, che è generatore di corrente costante. Per un corretto funzionamento del sistema, l'alimentazione a 26 V deve essere fugata a massa, direttamente all'ingresso del modulo, mediante un condensatore a film plastico da 0,22 ... 0,82 μF.

Alimentazione	: 26 V - 30 mA (mono)
Indicatore	: n. 9 diodi Ga-As (mono)

Fig. 46 Indicatore di livello optoelettronico a diodi luminescenti all'arseniuro di gallio

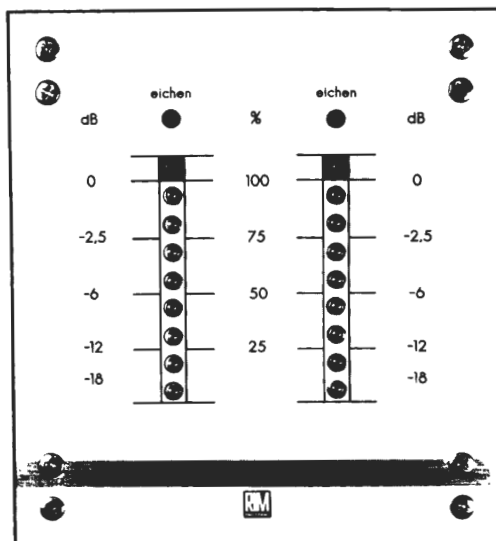



Fig. 46a Modulo indicatore di livello optoelettronico

Entrata	: 30 mV...5 V per l'indicazione 100%, regolabile
Resistenza di ingresso	: 1 MΩ
Tipo di indicazione	: di picco

8.6 Semplici moduli di monitoraggio

8.6.1 Modulo amplificatore da 1 W

In fig. 47 è riportato lo schema elettrico di un modulo amplificatore da 1 W che può venir collegato direttamente all'uscita a bassa impedenza di un mixer. Per T_1 è stato impiegato un BC 107 B, per T_2 un 2 N 40361 e per T_3 un 2 N 40362. In assenza di segnale, la corrente di riposo verrà regolata a 9 mA, mediante il potenziometro da 220 Ω. Se la sensibilità richiesta fosse mag-

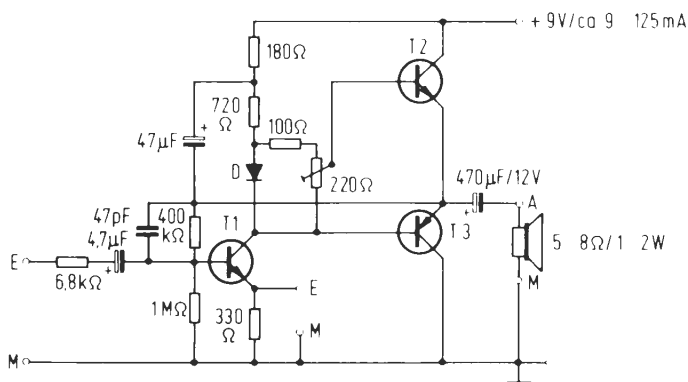



Fig. 47 Amplificatore da 1 W

giore di 250 mV, ai terminali E ed M si collegherà un condensatore elettrolitico in serie ad una resistenza variabile da 220 Ω. In tal modo si diminuisce la controreazione di emettitore di T_1, con che aumenterà il guadagno ma, nel contempo, diminuirà l'impedenza di ingresso; di conseguenza l'amplificatore potrà venir collegato unicamente a sorgenti audio aventi impedenza interna non maggiore di 2 kΩ.

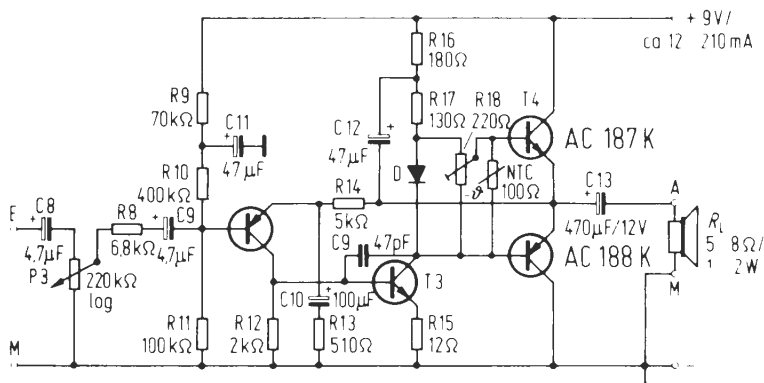



Fig. 48 Amplificatore monitor da 2 W

8.6.2 Amplificatore di controllo da 2 W con correzione di tono

La fig. 48 mostra lo schema elettrico di un amplificatore di controllo di grandi prestazioni e di impegno universale. La sua sensibilità di ingresso è di 250 mV con una R_E di 100 kΩ. Essendo ad alta impedenza d'entrata, questo amplificatore può venir connesso in vari punti della catena di miscelazione, ad esempio il «preascolto» del segnale ivi presente. L'amplificatore in oggetto fornisce una potenza di uscita di 2 W su 5 Ω all'alimentazione di V_B = 12 V/300 mA. La corrente di riposo è di 12 mA. Per la correzione di tono, detto amplificatore può venir abbinato con il circuito di fig. 34. T_1 = 177 B, T_2 = BC 107 B, T_3/T_4 = AC 188/AC 187 k, D = 1 N 4148.

8.7 Amplificatore di preascolto mixer

Gli amplificatori cosidetti di «preascolto» vengono impiegati per la supervisione e controllo dei grandi banchi di regia. Questi amplificatori sono contraddistinti da eccezionale qualità di riproduzione, in modo che l'operatore possa notare anche i più piccoli difetti della registrazione in corso. Le caratteristiche essenziali di questi amplificatori sono: distorsione estremamente ridotta entro tutto il campo delle frequenze audio, minima intermodulazione, sovraccaricabilità e dinamica eccellenti, nonchè superiore affidabilità e sicurezza di funzionamento. Gli amplificatori di preascolto di tipo professionale forniscono spesso potenze audio dell'ordine di 15 ... 60 W con risposta piatta entro ± 0,1 dB da 30 Hz a 20 kHz. Inoltre il loro rapporto segnale/rumore è molto basso; valori di > 90 dB non rappresentano un'eccezione.
Per l'impiego semiprofessionale, da parte dell'amatore, è però sufficiente un amplificatore da 10 ... 30 W di potenza che, quanto a risposta, risponda alle norme DIN 45500. Poichè l'amplificatore monitor deve poter «interrogare», cioè

«preascoltare», ciascuna delle fonti di programma confluenti nel banco di regia, il suo ingresso dev'essere senz'altro ad alta impedenza. Altrimenti, il suo collegamento, ad esempio al preamplificatore microfonico, potrebbe provocare una indesiderata attenuazione del segnale da questo fornito. Ovviamente il salto di livello o il transitorio di distorsione andrebbe inevitabilmente a ripercuotersi sull'intero banco di regia. La supervisione effettuata tramite l'amplificatore di preascolto deve avvenire senza che si manifestino interazioni o retroazioni nei circuiti ai quali il monitor va a collegarsi. È conveniente, pertanto, che l'operazione di preascolto venga effettuata all'uscita dei preamplificatori di canale, a monte dei dosatori di mixaggio, cioè a monte del bus di raccolta dei segnali miscelati. Il preascolto serve soprattutto a facilitare l'operazione di dissolvenza su una certa sorgente di programma, operazione che deve avvenire in modo corretto ed al momento giusto. Del pari si può monitorare il segnale uscente dal mixer, nonchè quello che transita nei vari punti circuitali dello stesso, in particolare nel nodo sommatore.

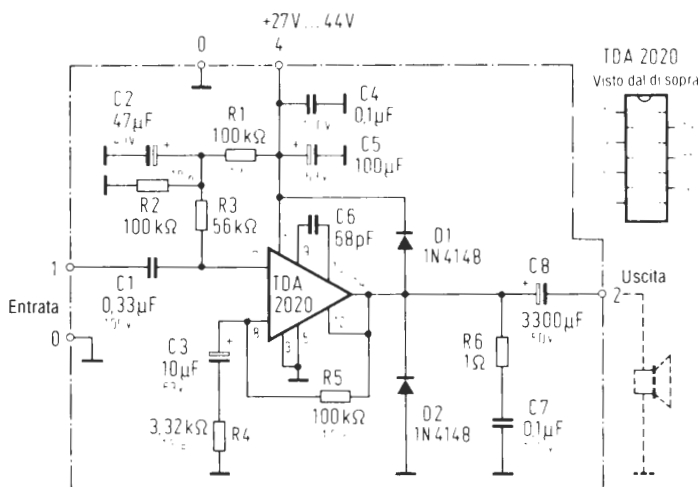



Fig. 49 Amplificatore di preascolto di alta classe (RIM)

I segnali presenti nei vari punti della catena di miscelazione possono essere molto diversi tra loro, quanto a livello. Pertanto la sensibilità di ingresso dell'amplificatore di preascolto dev'essere regolabile entro limiti molto ampi. Il suo assorbimento di corrente dev'essere tale da poterlo collegare al bus generale di alimentazione del banco senza perciò sovraccaricarlo. Infine, la realizzazione meccanica va studiata in modo da poterlo inserire nell'incastellatura del banco e le sue dimensioni devono essere compatibili con la modularità di quest'ultimo.

8.7.1 Amplificatore di preascolto a circuito integrato

Per i nostri scopi sono particolarmente adatti i circuiti integrati di potenza che occupano poco spazio, richiedono pochi componenti esterni e si montano con estrema facilità su circuito stampato.

Fig. 49a Modulo amplificatore di bassa frequenza con integrato di potenza

L'unità amplificatrice di potenza di fig. 49 è di uso molto conveniente. Essa è realizzata con un moderno IC monolitico, il TDA 2020 della SGS-Ates, che è internamente protetto contro i cortocircuiti ed i sovraccarichi termici; è pure protetto, con dei diodi interni, contro i transitori di origine induttiva. Unitamente all'integrato, viene indicato il relativo circuito stampato, il che facilita grandemente il montaggio del modulo.

Il modulo amplificatore di potenza di fig. 49 va alimentato da 9 ... 12 V fino ad un massimo assoluto di 44 V. Pertanto esso può trovare impiego sia come amplificatore di preascolto per piccoli miscelatori, che come vero e proprio monitore Hi Fi; in tal caso l'alimentazione sarà V_B = 27...44 V. A 9 V/100 mA la potenza d'uscita è di 0,8 W e a 12 V/270 mA di 1,7 W. Se alimentato a 9 V, il TDA 2020 non richiede radiatore di raffreddamento. In nessun caso, però, si deve superare la tensione di 44 V, neppure in assenza di segnale d'entrata.

I seguenti dati tecnici sono forniti dal costruttore:

Potenza di uscita max su 4 Ω,	20 W
alla tensione di alimentazione di	44 V
Potenza di uscita max su 4 Ω	12 W
alla tensione di alimentazione di	30 V
Sensibilità	310 mV
Resistenza d'ingresso	50 kΩ
Tensione di alimentazione max	44 V
Corrente assorbita max	1 A
Distorsione	0,5% 10 Hz — 20 kHz
Risposta in frequenza	20 Hz — 20 kHz ± 3 dB

8.8 Modulo di priorità con disabilitazione automatica degli altri canali

Questo modulo viene preso in considerazione quando si richieda che uno o più canali audio vengano disattivati o attenuati automaticamente dalla modulazione di un canale preferenzia-

le. Questa necessità si presenta in concomitanza coll'inserimento di comunicati importanti nel bel mezzo di una trasmissione; la comparsa del segnale nel canale microfonico prioritario deve attenuare automaticamente la trasmissione musicale in corso e la sua scomparsa deve riportarla al livello originario, al termine del comunicato, senza che ciò richieda alcun intervento manuale da parte dell'operatore sui dosatori di mixaggio, commutatori di canale, ecc.

Un circuito del genere è illustrato a fig. 50. Consiste di uno stadio di ingresso a Fet (source follower) avente una sensibilità di 15 mV/1 MΩ, seguito dal transistor amplificatore T_1 e dal circuito rettificatore con i diodi D_1, D_2 ed il gruppo R_7, C_6, C_7, C_8 che dà la costante di tempo. Il funzionamento di questo circuito è il seguente: il condensatore commutato in parallelo ad R_7 viene caricato positivamente dal segnale audio rettificato fino ad interdire il Fet_2; con ciò si annulla la corrente di collettore di T_2 e la lampadina dell'accoppiatore ottico KE si spegne; di conseguenza la resistenza del fotoelemento aumenta enormemente. Questa fotoresistenza fa parte di un attenuatore integrato nell'amplificatore sommatore. Se $C_6 = 5\ \mu F$, il tempo richiesto affinchè la lampadina si spenga è di 7 sec. Se $C_7 = 30\ \mu F$ ($1\ \mu F = 1$ sec.) la lampadina si riaccende 30 secondi dopo il termine del comunicato. Comunque, il tasto di ripristino consente di scaricare di colpo i condensatori e, pertanto, di riaccendere immediatamente la lampadina dell'accoppiatore optoelettronico.

Questo è stato realizzato con un pisello da 3,9 V/0,07 A in serie con una resistenza da 120 Ω/0,5 W ed un fotoelemento di qualità (Valvo LDR 03). Lampadina e fotoresistenza sono state montate semplicemente in una scatolina di plastica oscurata con nastro adesivo. Questo accoppiatore separa galvanicamente il circuito di controllo da quello controllato. Al buio, la resistenza del fotoresistore è maggiore di 1 MΩ. Sul mercato esistono però anche degli accoppiatori optoelettronici già pronti, integrati, in esecuzione dual-in-line. Questi comprendono un diodo luminescente all'arseniuro di gallio ed una fotoresistenza o un fototransistor.

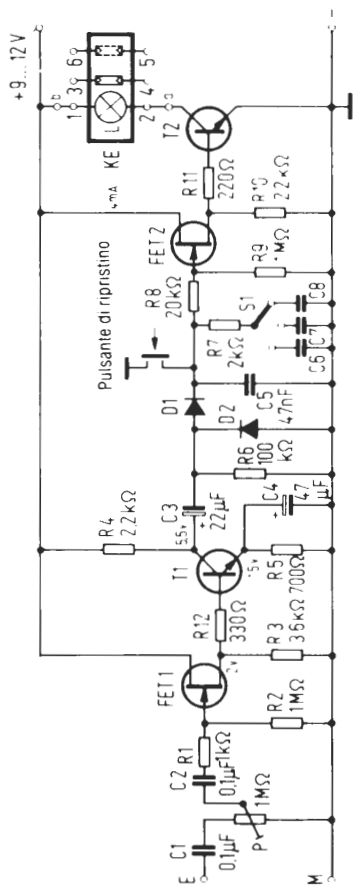



Fig. 50 Circuito di priorità con accoppiatore optoelettronico

Fet_1, Fet_2 = BF 244 oppure 2 N 4304, T_1 = BC 107 B, T_2 = BSY 53 oppure 2 N 40360, D_1, D_2 = diodi al germanio.

8.9 Compressore di dinamica a Fet

Per evitare la sovramodulazione del trasmettitore, o il superamento del campo di dinamica nei registratori a nastro da parte della parola, che provocherebbe distorsioni da sovrapilotaggio, si utilizzano particolari circuiti, detti compressori o limitatori (fig. 51). In molti casi l'impiego del compressore rende superfluo il VU-meter; infatti il compressore protegge la catena di amplificazione dal sovraccarico e, nella trasmissione della parola, regola automaticamente — sia pure in certi limiti — il livello del segnale allorquando l'operatore si avvicina e allontana dal microfono. Così una dinamica (rapporto tra livello del segnale forte e livello del segnale debole) di 100:1 viene compressa in un intervallo di 10:1. In poche parole, col compressore si ottiene una trasmissione microfonica a livello uniforme anche quando l'operatore parla a breve distanza dal microfono.

Il modulo compressore è stato concepito in modo da poterlo inserire tra l'uscita del preamplificatore, fornente 200 ... 500 mV, e l'ingresso dell'amplificatore principale. Al compressore si possono addurre direttamente sorgenti di segnale anche ad alto livello, come radioricevitore, registratore a nastro, pick-up piezoelettrico. L'impedenza di ingresso del compressore di fig. 51 è di circa 100 kΩ. Lo stadio d'entrata è un inseguitore di emettitore che garantisce l'universalità d'impiego del modulo; esso fornisce, su bassa impedenza, attraverso C_{11}, il segnale che, una volta amplificato, servirà a controllare lo stadio di compressione vero e proprio. La rettificazione del segnale avviene in un moltiplicatore di tensione; questo comprende i diodi D_1 ... D_4 ed i condensatori C_{12} ... C_{14}.

Cuore del circuito è il partitore di tensione controllato, formato da R_5 e dalla resistenza drain-source del Fet. Questo lavora a

Fig. 51 Schema di compressore di dinamica a Fet

T 1 = BC 107 B; T 2 = BF 244 A, BF 245, 2 N 4304; T 3 = BC 107 B; D 1 – D 5 = 1 N 4148

zero tensione di drain e va scelto tra quei transistori ad effetto di campo che presentano la massima linearità. Ciò è essenziale ai fini di una compressione senza distorsione. I parametri che contraddistinguono un compressore sono: assenza di distorsione, tempo di intervento breve, buona regolazione del segnale d'uscita rispetto a quello d'entrata e tempo di ripristino di alcuni decimi di secondo, onde sopprimere il fruscio di fondo che, altrimenti, si manifesterebbe nelle pause di modulazione.

Il funzionamento del partitore di tensione controllato è molto semplice: la tensione continua di controllo, la cui ampiezza è direttamente proporzionale al livello del segnale d'entrata, arriva al gate del Fet (canale n) attraverso R_{15}, P_2 ed R_6. Questa tensione fa diminuire la resistenza drain-source del Fet e quindi anche il livello del segnale sulla base di T_3; infatti la resistenza drain-source del Fet ed R_5 costituiscono un partitore di tensione. Allo scopo di evitare il sovrapilotaggio del successivo stadio di amplificazione in corrispondenza ai picchi del segnale microfonico, la costante di tempo del gruppo R_{15} C_{16} va scelta in modo che il condensatore si carichi nel minor tempo possibile e che, pertanto, la resistenza drain-source del Fet diminuisca con immediatezza. Questa costante di tempo determina il tempo di intervento del compressore che, come si è detto più sopra, dev'essere il più breve possibile.

Aumentando, invece, i valori di C_{15} o di R_{15}, si allunga il tempo di ripristino. Per certe applicazioni, è opportuno rendere queste costanti di tempo commutabili: in tal modo si potranno impostare vari tempi di intervento e ripristino, indipendentemente e secondo le esigenze e caratteristiche del programma da trasmettere. Il diodo D_5 contribuisce ad accorciare il tempo di intervento, indipendentemente dalla regolazione di P_4. Il guadagno del transistor T_3 compensa l'attenuazione introdotta dal partitore controllato, in modo che, a dinamica normale, il segnale venga trasmesso attraverso il compressore senza venir nè amplificato nè attenuato.

P_3 è preposto alla regolazione fine del guadagno intorno al valore 1. L'intervento del compressore può venir eliminato agen-

do sul commutatore S; se i contatti di S sono in cortocircuito, il modulo opera come puro e semplice amplificatore lineare a guadagno unitario.
La risposta in frequenza è piatta entro ± 1 dB tra 30 Hz e 20 kHz. Il livello massimo ammissibile del segnale d'entrata è di 800 mV. Il modulo è alimentabile a 9 ... 24 V.

8.9.1 Modalità d'impiego

Se la tensione di alimentazione è di 9 ... 12 V e se la tensione al source del Fet è di 3 ... 3,5 V (linearità ottimale), la soglia di compressione è situata intorno agli 800 mV (dinamica 1:100 compressa a 1:10). Si nota, all'oscilloscopio, che la distorsione compare solo se il livello del segnale supera 800 mV. La risposta in frequenza è lineare entro ± 1 dB tra 30 Hz e 20 kHz. Se il modulo compressore viene alimentato a tensione maggiore (15 ... 27 V), il resistore R_4 (1,2 kΩ) va raddoppiato di valore (2,4 kΩ). Con ciò il campo di compressione aumenta. Ovviamente si dimensioneranno i condensatori elettrolitici per la tensione di alimentazione effettivamente impiegata. Mediante P_3 si regolerà il guadagno del modulo in modo che, a dinamica normale, cioè senza compressione, l'amplificazione globale risulti unitaria (guadagno di transito). Per tempi di intervento e/o di ripristino diversi, si assegneranno a C_5 valori adatti al caso specifico. Il partitore di tensione controllato attenua il segnale di circa 4/5; questa attenuazione viene compensata dal guadagno di T_3, che è regolabile con P_3. Se P_3 è regolato a 50 Ω, il guadagno di transito del modulo compressore risulta unitario.

8.10 Modulo generatore di riverbero

Questa unità ha lo scopo di produrre un riverbero artificiale che, specie in ambienti afoni, migliora la qualità della riproduzione musicale. Se il ritardo tra suono diretto e suono riflesso è piccolo, si ha un riverbero modesto; l'effetto diviene più mar-

cato quando questo ritardo è maggiore. Man mano che il ritardo aumenta, il riverbero si trasforma in un vero e proprio eco. A livello di amatore, il riverbero artificiale si ottiene mediante i dispositivi a molla (fig. 52).
A tale scopo, una porzione di segnale audio, prelevata dall'uscita del preamplificatore, viene inviata all'entrata dell'unità di riverbero. Questa amplifica il segnale e lo immette in una coppia di bobine, munite di nucleo magnetico, disposte all'estremità di una o due lunghe molle a spirale. La corrente nelle bobine provoca la vibrazione delle molle. L'oscillazione meccanica si propaga lungo le molle ed arriva alla loro estremità opposta con un certo ritardo. Quivi la vibrazione meccanica viene nuovamente trasformata in segnale elettrico mediante una o due bobine captatrici, pure munite di nucleo magnetico. La tensione ai capi di queste bobine riproduce l'oscillazione delle molle, cioè riproduce il segnale di ingresso del modulo, col ritardo determinato dal tempo di transito delle oscillazioni nelle molle. Il segnale raccolto all'uscita del sistema di molle, una volta amplificato, viene miscelato col segnale originale, dando così origine all'effetto di riverbero. Ad evitare autooscillazioni, l'uscita del segnale ritardato dev'essere circuitalmente separata e disaccoppiata da quella del segnale di partenza. In pratica ciò si ottiene mediante uno stadio separatore (vedi fig. 15a ... c, e fig. 40). Il contributo di riverbero può venir regolato, con continuità, mediante il «dosatore di riverbero»; se questo è a zero, l'effetto di riverbero è nullo e il segnale, all'uscita del modulo, riproduce esattamente quello di ingresso.

Il generatore di riverbero di fig. 52 è stato concepito in modo da poter essere impiegato quale completamento di un banco di regia già esistente. A tale scopo, lo stadio di ingresso è stato realizzato ad alta impedenza d'entrata. Il segnale da manipolare viene dosato, in modo continuo, da P_1. Le molle vengono messe in oscillazione, senza distorsione ed in modo energico, da una di bobina da 8 Ω di impedenza; questa viene eccitata dalla coppia di transistori complementari T_3/T_4, che è pilotata da T_2. La vibrazione meccanica, trasmessa con ritardo attra-

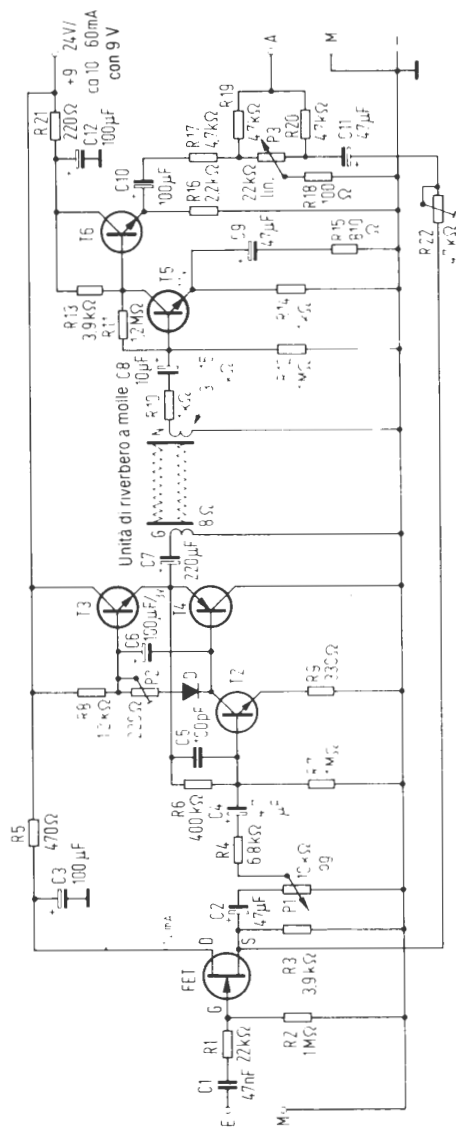



Fig. 52 Amplificatore di riverbero con ingresso ad alta impedenza a Fet ed uscita a bassa impedenza

verso le molle, viene captata da una bobina ad alta impedenza (2.000 Ω) e quindi amplificata dai transistori T_5 e T_6. Quest'ultimo, che è inseguitore d'emettitore, fornisce il segnale ritardato su bassa impedenza per il suo invio al mixer.

L'unità di riverbero di fig. 52 è stata progettata in modo da poter essere inserita, senza problemi di adattamento o connessione, in una catena di amplificazione già esistente; essendo il suo guadagno unitario, essa può venir inserita tra l'uscita del preamplificatore e l'ingresso del successivo amplificatore di tensione o potenza, senza che il segnale ivi transitante subisca attenuazione alcuna. Il segnale applicato a questo modulo, attraverso il source-follower, R_{22}, C_{11} ed R_{20}, arriva all'uscita dove viene mescolato con il segnale ritardato dalle molle. Il rapporto tra l'ampiezza del segnale originale e l'ampiezza di quello ritardato viene regolato, con continuità ed entro ampi limiti, mediante P_3, che è il dosatore di riverbero.

Una preregolazione si può effettuare con la resistenza variabile R_{22}. Il livello del segnale d'entrata dev'essere compreso tra un minimo di 100 mV ed un massimo di 350 mV. Il guadagno complessivo può risultare anche maggiore o minore di 1, a seconda del tipo di molle e bobine impiegate nell'unità di ritardo. Comunque, il guadagno può sempre venir aggiustato variando il valore di R_{15} (810 Ω).

L'amplificatore che eccita le molle ha un guadagno di 2; l'amplificatore a valle delle stesse guadagna 10 volte.

Per quanto concerne il sistema di molle, cioè l'unità di ritardo, si consiglia di montare quello originale della Hammond, in esecuzione miniatura (mod. 46 F) che è munito di una bobina di eccitazione da 8 Ω e da una bobina captatrice da 2000 Ω. La sua risposta in frequenza copre il campo 60-5000 Hz; il ritardo è di 1/20...1/30 sec. Le sue dimensioni sono: 427 × 110 × 35 mm. Un'altra unità della Hammond è il mod. 4 F; questo è provvisto di una bobina eccitatrice da 8 Ω e di una bobina captatrice da 2250 Ω; il ritardo introdotta da questo dispositivo è di 30...40 msec.

Per un primo esperimento, si può far ricorso anche a delle unità di ritardo più economiche, di costruzione giapponese, in custodia metallica; il loro tempo di ritardo si aggira sui 15 msec.
Si avverte qui l'autocostruttore che, nella realizzazione di generatori di riverbero, il sistema di molle va montato su sospensione antimicrofonica. Altrimenti, ogni qualsiasi vibrazione meccanica del supporto si traduce in una sorta di «uragano microfonico». Se l'unità di ritardo viene montata a parte, fuori dal contenitore dell'apparato, i cavi di collegamento alla bobina eccitatrice ed alla bobina captatrice devono essere eseguiti con cavo schermato.
L'unità di ritardo dev'essere isolata non solo acusticamente, ma anche magneticamente. Ciò si ottiene sistemandola il più lontano possibile sia dai cavi che portano correnti alternate che dai dispositivi che generano campi magnetici dispersi, come trasformatori di alimentazione, motorini giradischi, ecc.
Lo stadio di ingresso è stato equipaggiato con il Fet 2 N 4304; questo può essere sostituito anche dal BF 244 A (Valvo).

Inoltre: T_2 = BC 107 B, T_3 = BC 107 B appaiato con T_4 = BC 177 B, T_2, T_3, T_4 devono essere dotati di radiatore di raffreddamento; T_5 = BC 109 C, T_6 = BC 107 B; D = 1N 4148.

8.11 Modulo generatore di vibrato

In fig. 53 è riportato lo schema elettrico di un modulo che genera l'effetto di vibrato. Anche questa unità è stata concepita in modo da poterla inserire, senza problemi di adattamento o connessione, in una catena di mixaggio già esistente e, in particolare, tra preamplificatore e amplificatore d'uscita. Il guadagno complessivo è 1. Il generatore di vibrato consta di un multivibratore astabile che genera un'onda quadra, la cui frequenza e simmetria sono regolabili con continuità entro ampi limiti, per l'ottenimento di vari effetti.
La frequenza di ripetizione dell'onda quadra è regolabile, mediante un potenziometro, tra 2 e 15 Hz. Altre frequenze sono

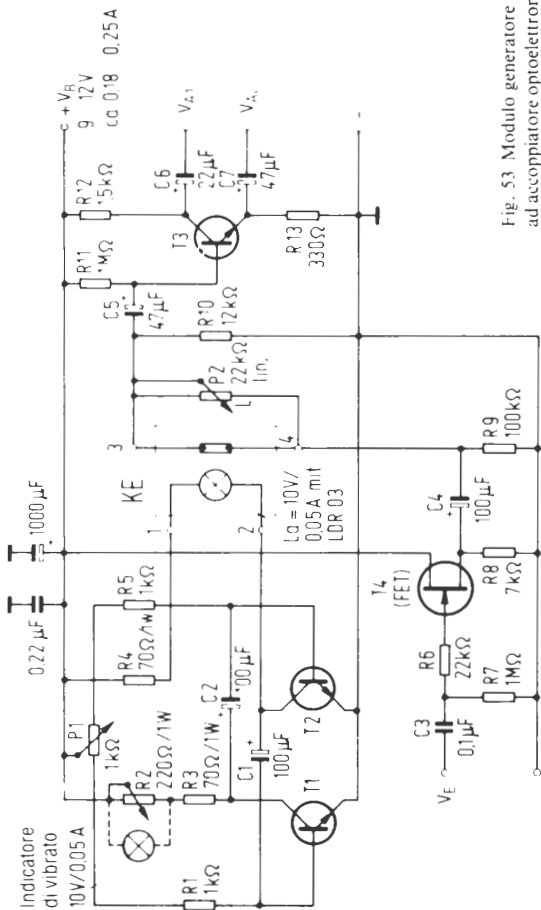



Fig. 53 Modulo generatore di vibrato ad accoppiatore optoelettronico

ottenibili, assegnando a C_1 e C_2 (che devono essere uguali tra loro) valori di capacità appropriati. Il potenziometro di accoppiamento tra T_1 e T_2 fà variare la simmetria dell'onda quadra, cioè il rapporto tra il tempo in cui la lampadina La è accesa ed il tempo durante il quale è spenta. Se il potenziometro è regolato a metà corsa, i due tempi saranno uguali, cioè l'onda quadra sarà perfettamente simmetrica. La lampadina La, che è inserita nel circuito di collettore di T_2, è integrata nell'accoppiatore optoelettronico KE. Il vibrato è anche reso visibile dalla lampadina spia (10 V/0,06 A) collegata in parallelo alla resistenza di compensazione R_2. Questa spia si accenderà e spegnerà col ritmo e la simmetria dell'onda quadra, cioè, in definitiva, del vibrato. Di conserva, la lampadina La dell'accoppiatore optoelettronico farà variare la resistenza del fotoelemento LDR 03. Di conseguenza, il livello del segnale audio al centro del partitore di tensione costituito da R_{10} e dal parallelo fotoresistenza, P_2, varierà col medesimo ritmo e simmetria. Il potenziometro P_2 regola, tra 0% e 70%, la profondità della modulazione impressa sul segnale dal vibrato. Se il potenziometro è in posizione L (inizio corsa) il fotoelemento LDR 03 risulta cortocircuitato e quindi il segnale audio transita attraverso il modulo senza subire alcuna modulazione. Al partitore di tensione controllato fà seguito il transistor T_3 che, col suo guadagno, ne compensa l'attenuazione; pertanto, il livello del segnale d'uscita V_A sarà uguale a quello del segnale d'entrata.

L'uscita U_{A2} è a bassa impedenza, ma fornisce un segnale a livello ridotto. L'adozione di questa uscita permette di conseguire notevoli vantaggi pratici e, in particolare, di adattamento, semprechè il segnale da essa fornito possa venir successivamente amplificato. L'attenuazione che caratterizza questa uscita è di circa 20% del livello d'entrata.

Lo stadio d'ingresso è equipaggiato con un Fet che funge da trasformatore di impedenza; grazie a questo, il modulo generatore di vibrato può venir collegato anche a sorgenti di segnale ad alta impedenza o a punti interni al mixer (ad esempio allo stadio separatore). Caratteristiche di funzionamento: V_E max

= 770 mV con R_L = kΩ in V_{A1}; campo di frequenza: 30 Hz...20 kHz ± 1 dB, V_B = 12 V, I = 0,25 A, circa.
Componenti circuitali: T_1 = T_2 = 2 N 40360 oppure BSY 53, T_3 = BC 107 B, T_4 = BF 244 A oppure 2 N 4304. Per realizzare l'accoppiatore KE, è stata impiegata una lampadina da 10 V/0,05 A ed una fotoresistenza LDR 03, assiemate in una custodia di plastica. Poichè sono disponibili sul mercato accoppiatori optoelettronici integrati a Led, questi sono senz'altro impiegabili nell'unità di vibrato, purchè si rispettino le relative connessioni. Questi accoppiatori optoelettronici assorbono pochissima corrente, rispondono anche a frequenze elevate e consentono di ottenere grandi profondità di modulazione; pertanto, con il loro uso, si possono ottenere ulteriori interessanti effetti speciali. Per variare la frequenza del vibrato, basterà rendere commutabili i condensatori C_1 e C_2.

8.12 Modulo generatore di segnali

Il modulo oscillatore è molto utile per provare e mettere a punto miscelatori e amplificatori di misura in quanto consente di pilotarli con segnali sinusoidali di frequenza ed ampiezza noti. In fig. 54 è riportato lo schema elettrico di un siffatto oscillatore, che è del tipo a sfasamento con stadio d'uscita a trasformatore di impedenza.
La frequenza del segnale generato dipende dal valore di capacità assegnato a C_1...C_4. Con 0,1 μF essa è 1 kHz e con 10 nF circa 10 kHz. L'ampiezza massima del segnale in uscita è di 0,3 V. Il suo livello viene regolato dal potenziometro P (10 kΩ), il che consente di immettere il segnale nei vari punti di prova, come ingresso microfonico, ingresso registratore, ecc. Ad evitare che la frequenza e/o ampiezza del segnale generato vari con la tensione di alimentazione, questa è stata stabilizzata con un diodo Zener. Se il banco di regia è già provvisto di un alimentatore stabilizzato, si può eliminare sia lo Zener che la relativa resistenza di caduta e, in questo caso, l'assorbimento di corrente si ridurrà a metà.

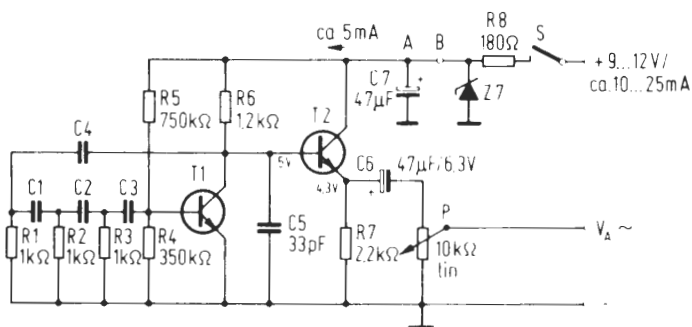



Fig. 54 Semplice generatore di segnali

Componenti circuitali: T_1 = BC 109 C, T_2 = BC 107 B, Z_7 = ZL7 o equivalente.
La distorsione del segnale generato può venir ridotta allo 1%, impiegando transistori ad alto guadagno (ß > 500).

9 Alimentazione

I piccoli mixer vengono generalmente alimentati a batterie. Se l'assorbimento di corrente è piccolo, si possono usare le ben note batterie per apparecchi a transistor a 9 V, le cui dimensioni sono 26,5 × 17,5 × 48,5 mm. Se l'assorbimento è maggiore, è bene ricavare la tensione di 9 V da due batterie da lampadina tascabile a 4,5 V collegate in serie tra loro; queste andranno sistemate in un apposito contenitore. Naturalmente si può anche ricorrere ad un alimentatore dalla rete di distribuzione della corrente alternata, purchè questo sia sufficientemente dimensionato e filtrato. La fig. 57 mostra un siffatto alimentatore; il secondario del trasformatore è a 12 V/0,8 A.
Di contro, miscelatori ed amplificatori funzionanti a 12 ... 27 V, che assorbono forti correnti, vanno alimentati esclusivamente dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica tramite un adatto alimentatore. Questi ultimi, per quanto concerne la sicurezza di funzionamento e di impiego, vanno costruiti nel rispetto delle norme VDE.
Due alimentatori, diversi quanto a corrente erogata, sono illustrati a fig. 58 e fig. 59. L'alimentatore di fig. 59 fornisce una

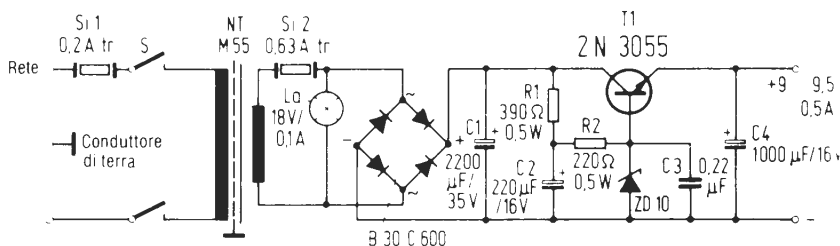



Fig. 57 Alimentatore da 9 V/0,5 A per l'alimentazione di mixer a 9 V

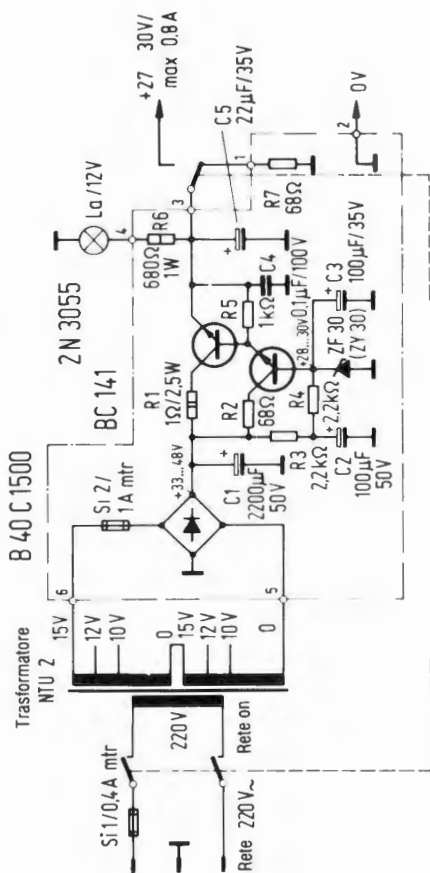



Fig. 58 Alimentatore da 27...30 V/0,8 A per l'alimentazione delle unità modulari (RIM)

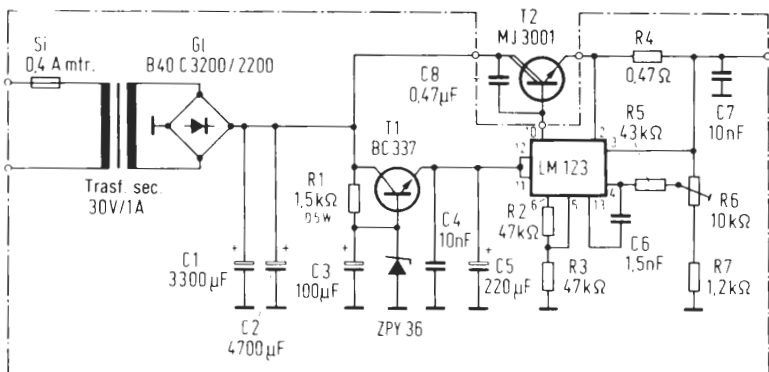



Fig. 59 Alimentatore stabilizzato regolabile con limitatore di corrente da 4,5...30 V/1 A (RIM)

tensione stabilizzata regolabile ed è munito di limitatore di corrente (RIM NTM 5-30/1). La tensione d'uscita è regolabile tra 5,5 e 30 V mediante il potenziometro R_6. Il limitatore entra automaticamente in funzione se la corrente assorbita supera 1 A. Quale stabilizzatore, questo alimentatore impiega il circuito integrato LM 123. La capacità di erogare una forte corrente deriva dall'impiego di un transistor di potenza Darlington (Motorola MJ 3001). Il transistor T_1 e lo Zener ZPY 36 contribuiscono a migliorare la regolazione della tensione. La variabilità della tensione d'uscita fà di questo alimentatore un'unità particolarmente adatta per lo sperimentatore; comunque, esso può venir vantaggiosamente utilizzato nella realizzazione dei banchi di regia.

10 Cablatura e realizzazione dei circuiti

Nella realizzazione di un particolare circuito avviene spesso che non si dedichi sufficiente attenzione e cura al suo progetto costruttivo. Anche se non sono stati commessi errori di collegamento e nonostante che i valori dei componenti circuitali siano esatti, il risultato finale si traduce allora in oscillazioni, fischi, ronzii, ecc. Rispettando invece alcune regole elementari, relative alla costruzione ed al cablaggio, ci si possono risparmiare arrabbiature e perdite di tempo. La realizzazione e lo sviluppo di cablaggi e circuiti richiedono una certa esperienza di schemi e componenti.

Le regole principali da seguire sono:

a) Iniziare la costruzione vera e propria, intesa come assiemaggio dei componenti, solo quando tutti questi sono effettivamente disponibili. Ciò vale in particolare per lo sviluppo e stesura dei circuiti stampati.
b) I componenti vanno disposti in modo che le entrate e le uscite dei singoli amplificatori siano il più distante possibile tra loro.
c) I collegamenti cosiddetti caldi, che portano cioè segnale, nonchè i collegamenti di massa devono risultare cortissimi. Un certo effetto schermante dei conduttori caldi si ottiene sistemandoli parallelamente (o tra) i conduttori di massa e disponendo il circuito a non più di 5 ... 10 mm dal piano del telaio o del contenitore metallico. Se questo è in plastica, è bene ricoprirlo, dal lato circuito stampato, con un sottile foglio conduttivo.
d) I conduttori relativi al segnale d'entrata non devono mai correre parallelamente a quelli relativi al segnale d'uscita.
e) I circuiti o i gruppi amplificatori vanno montati in modo ta-

le che gli stadi d'entrata, che sono i più sensibili, siano fisicamente il più lontano possibile sia dagli stadi d'uscita che dagli alimentatori. Tra gli stadi d'entrata, massimamente sensibili, e gli stadi d'uscita vanno disposti gli amplificatori sommatori, gli equalizzatori, i correttori di tono; in altre parole, tutti gli stadi intermedi.

f) I conduttori che portano segnali d'entrata o d'uscita a basso livello devono essere schermati; la calza schermante va collegata a massa da un sol lato, onde evitare il formarsi di tratte di ronzio. Si consiglia caldamente l'uso di cavi schermati bipolari. L'impiego dei conduttori schermati è essenziale quando i circuiti interessati sono ad alta impedenza oltre che a basso livello.

g) I ritorni di massa degli amplificatori e le piste di massa, in genere, devono essere a grande sezione. Il ritorno di massa dei singoli stadi di amplificazione devono andare ad un unico e corto conduttore (ad esempio rame argentato da 0,7 ... 1 mm^2 di sezione), isolato dal telaio e connesso a questo in un unico punto centrale di massa. Se l'apparecchiatura consta di varie unità, solo una di queste va messa a terra. Ciò vale anche per la messa a terra del negativo dell'alimentazione.

h) Se il cavo schermato termina in uno spinotto o connettore, porre attenzione acchè la calza schermante non vada in contatto con il terminale 2.

i) Le alimentazioni degli stadi amplificatori devono venir disaccoppiate tra loro mediante gruppi RC, diodi Zener o transistori. Se l'alimentazione avviene a batterie, collegare sempre un condensatore elettrolitico da 1.000 ... 2.200 μF tra più e meno, onde diminuire l'impedenza interna dell'alimentazione.

k) Nell'uso di alimentatori dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica, rispettare sempre le norme di sicurezza. Gli apparati si devono poter toccare senza pericolo e la loro costruzione deve essere meccanicamente stabile. Gli alimentatori devono essere protetti contro i cortocircuiti ed i sovraccarichi.

11 Combinabilità dei moduli

Le unità modulari descritte nel presente volume sono state progettate in modo da poterle impiegare sia separatamente che in combinazione tra loro. In vista di ciò, tutte le unità sono ad alta impedenza d'entrata ed a bassa impedenza d'uscita. Inoltre i moduli descritti sono caratterizzati da un buon rapporto segnale/rumore, piccola distorsione, grande dinamica e ottima qualità di riproduzione.

Nel combinare insieme varie unità modulari, si osservino le seguenti regole:

a) Fare attenzione alle polarità dei condensatori di accoppiamento tra le unità consecutive.
b) Rispettare i valori delle tensioni di alimentazione. Sono ammessi scarti del 10% in meno e del 20% in più.
c) Le alimentazioni dei singoli moduli devono essere disaccoppiate tra loro mediante gruppi RC, diodi Zener o transistori, onde evitare i fenomeni di retroazione che potrebbero insorgere per accoppiamenti parassiti attraverso il bus di alimentazione comune. Questi fenomeni si manifestano nella forma di oscillazioni, tremolii, ronzii e fruscii. Ad evitare eccessive cadute di tensione sulle resistenze di disaccoppiamento, cadute che potrebbero degradare il funzionamento dell'insieme, usare di preferenza resistori di basso valore e condensatori di grande capacità.

   L'uso di transistori come elementi di disaccoppiamento è vantaggioso, in quanto i relativi condensatori possono essere di capacità e quindi di ingombro molto minore. In fig. 60 è riportato lo schema di principio di un elemento di disaccoppiamento e filtraggio a transistori (modulo di filtraggio e disaccoppiamento).

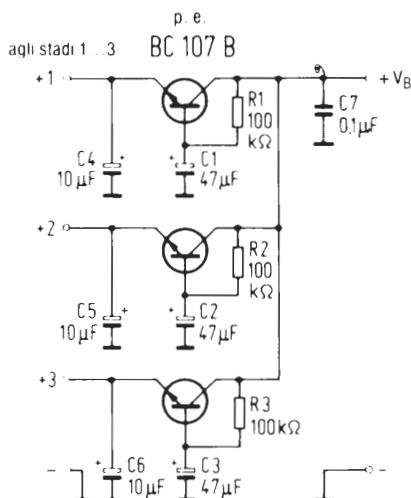



Fig. 60 Modulo di filtraggio e disaccoppiamento

Agli effetti del filtraggio, l'uso di un transistor associato ad un condensatore di capacità modesta equivale a quello di una resistenza associata ad un condensatore di capacità elevata. Se il guadagno del transistor impiegato è, ad esempio, 100 ed il condensatore (C_1 oppure C_2, C_3) è da 47 μF, l'effetto filtrante è quello di un condensatore da 4700 μF e ciò grazie all'amplificazione operata dal transistor.

d) Porre la massima cura nella realizzazione dei circuiti e, in particolare, nella stesura dei conduttori di massa.

e) Nel progetto di banchi di regia di tipo modulare, si tenga sempre presente che il livello del segnale deve avere una riserva rispetto al valore di pilotaggio minimo richiesto dai singoli moduli; a parte il fatto che esso deve sempre essere molto maggiore della tensione rumore.

12 Moderne unità modulari di mixaggio

In questo capitolo illustreremo alcuni moduli tipici scelti tra i molti esistenti in commercio sotto forma di scatole di montaggio. Queste unità, elettricamente e meccanicamente compatibili tra loro, sono state specificamente studiate per l'autocostruttore. Illustreremo anche, con alcuni esempi, le vaste possibilità d'impiego di queste unità di bassa frequenza il cui assiemaggio consente di realizzare banchi di regia su misura, rispondenti alle specifiche riportate nel capitolo 7.

12.1 Preamplificatore universale

La fig. 61 mostra un preamplificatore universale (RIM semis VVO) adatto ad essere collegato ad una sorgente di programma a bassa o alta impendenza interna. Esso può venir utilizzato anche come amplificatore equalizzato per pick-up magnetici. Lo schema elettrico di questo preamplificatore è riportato a fig. 61a. La sua risposta, che è deter-

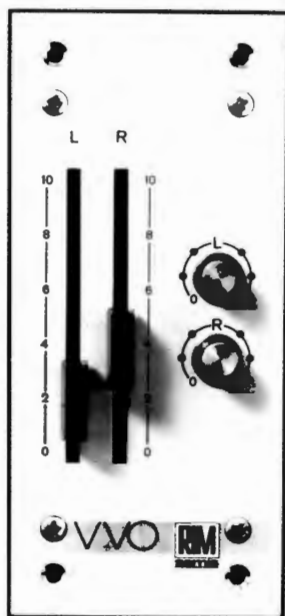



Fig. 61 Modulo preamplificatore universale

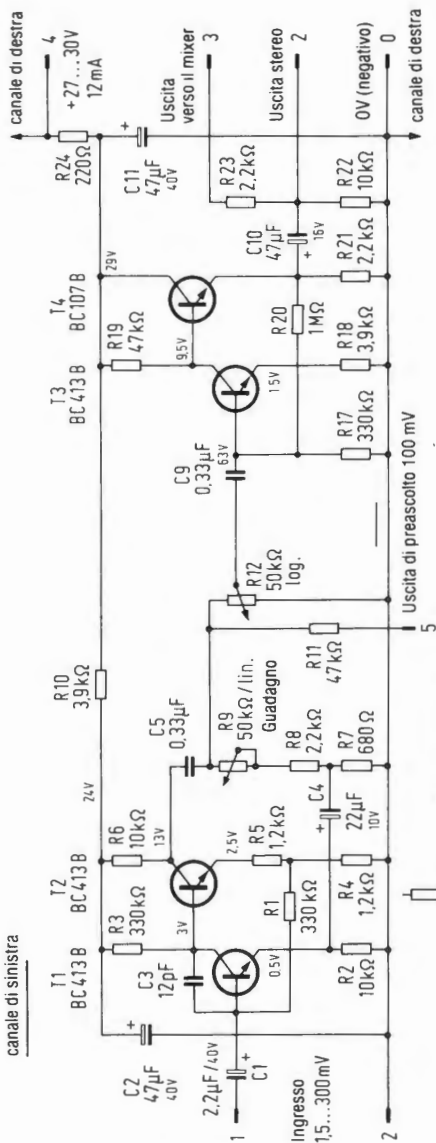
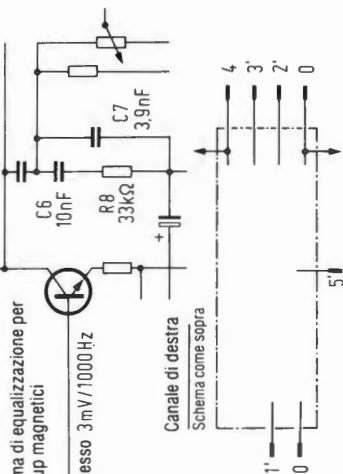
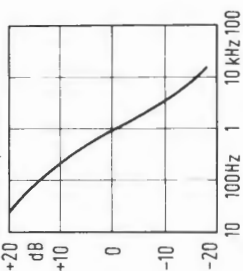



Fig. 61a Circuito elettrico del modulo preamplificatore universale

minata dalla controreazione frequenza-dipendente, è illustrata dal grafico annesso alla fig. 61a.

Agendo sul potenziometro R_9 si può ottenere una risposta lineare in frequenza. Con questa regolazione si ottiene un adattamento ottimale tra sensibilità d'ingresso e rapporto segnale/rumore. Il potenziometro R_{12} regola il volume. R_{11} disaccoppia l'uscita di pre-ascolto. I quattro stadi di amplificazione forniscono, all'uscita A_2, un segnale di 1 V. L'uscita di mixaggio (Uscita A_3) serve per collegare più preamplificatori ad un unico bus di raccolta. Il preamplificatore in oggetto è caratterizzato dai seguenti dati tecnici:

Segnale di ingresso lineare:	1,5 mV 300 mV, regolabile col potenziometro di guadagno
Segnale di ingresso equalizzato:	3 mV 1000 Hz 10 volte (20 dB) entro tutto il campo di frequenza
Resistenza di ingresso, lineare	25...100 kΩ, a seconda della regolazione del pot. di guadagno
Resistenza di ingresso, equalizzato:	50 kΩ/1000 Hz
Segnale di uscita:	
all'uscita 2	1 V, max. 5 V, R_4 ca. 50
all'uscita 3:	1 V su resistenza 2 k 2
all'uscita 5:	100 mV su 47 kΩ (uscita di preascolto)
Risposta, lineare:	± 0,5 dB tra 30 Hz e 20 kHz (R_i su A_2 2 k 2, V_i 5 mV; V_4 1 V)
Rapporto segnale/rumore:	DIN 45.500 R_i 47 kΩ
Sensibilità 1,5 mV	60 dB
Sensibilità 30 mV	70 dB
equalizzato 3 mV	65 dB
Attenuazione di diafonia:	— 50 dB
Distorsione:	0,3%
Alimentazione:	27...30 V/12 mA
Semiconduttori:	8 transistori al silicio
Dimensioni del pennello:	59 × 133 mm
Profondità del modulo:	ca 38 mm

12.2 Modulo correttore di tono

Questa unità, nella quale avviene l'elaborazione del timbro, costituisce l'elemento di connessione del preamplificatore al mixer, rispettivamente, all'amplificatore.

L'unità correttrice di tono illustrata a fig. 62 è stata progettata per l'uso più universale possibile. Essa può venir impiegata sia per l'elaborazione del timbro che, in regime lineare, per il trasferimento di segnali ad alto livello, come quelli provenienti da tuner UKW, da registratori a nastro o a cassetta, da pick-up piezoelettrici, ecc. In particolare, è stata concepita per la realizzazione di grandi banchi di regia, nei quali ogni singolo canale richiede la propria correzione di tono.
La regolazione dei toni alti e bassi avviene con continuità mediante due potenziometri per canale (vedi fig. 62). Il moderno circuito di filtro preposto a questa funzione consente di massimizzare sia la dinamica che il rapporto segnale/rumore. Il fil-

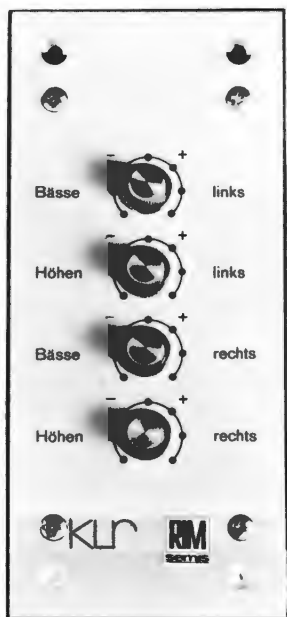



Fig. 62 Modulo correttore di tono

Fig. 62a Il modulo correttore di tono visto dal lato componenti

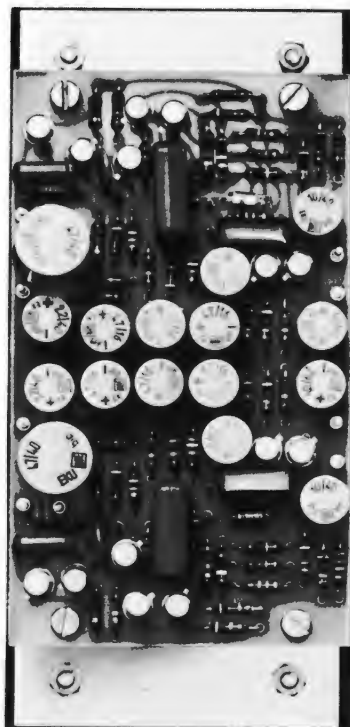
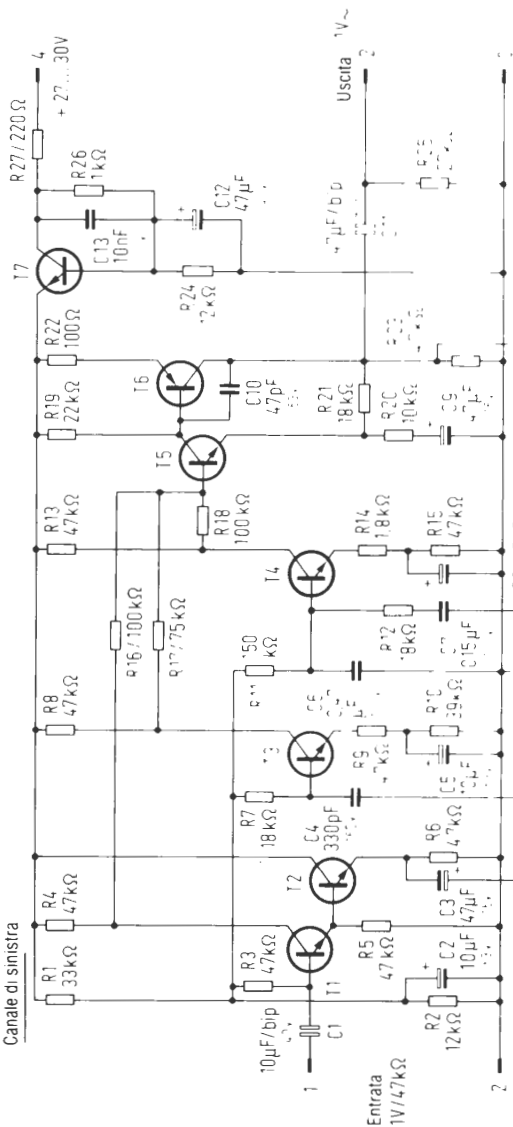
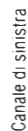
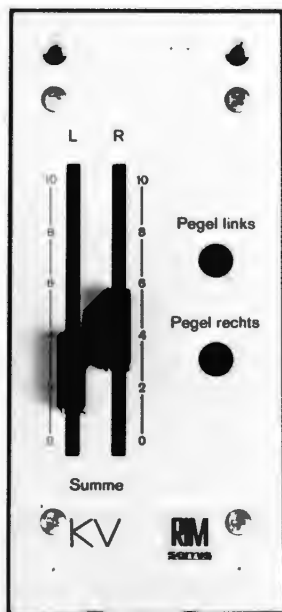



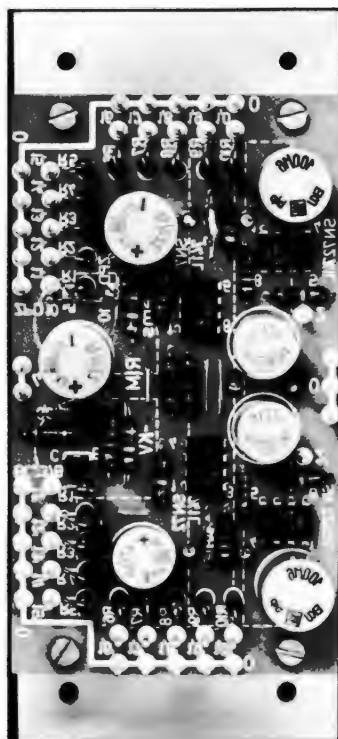
Fig. 62b Circuito elettrico del modulo correttore di tono

tro vero e proprio fà parte dell'anello di controreazione dell'amplificatore.
Se i potenziometri (toni alti e toni bassi) sono a metà corsa, il segnale d'uscita riproduce esattamente quello d'entrata. Infatti, il segnale d'entrata, invertito di fase dal transistor T_1, va alla base di T_5 attraverso la resistenza di miscelazione R_{16}; da questo, raggiunge l'uscita. Il guadagno di T_5, T_6 compensa l'attenuazione circuitale così che il livello del segnale d'uscita è uguale a quello del segnale d'entrata. Si noti che il segnale d'uscita è in opposizione di fase rispetto a quello d'entrata.
I due potenziometri preposti alla regolazione di tono sono collegati tra entrata ed uscita (emettitore di T_2 ed emettitore di T_6), cioè due punti del circuito in cui il segnale ha la stessa ampiezza ma fase opposta. I cursori dei due potenziometri vanno alla base di T_3, rispettivamente alla base di T_4. Se i potenziometri sono a metà corsa (funzionamento lineare), il segnale sulle basi di T_3, T_4 è nullo e quindi la risposta del sistema non viene alterata.
Se, invece, i cursori di P_1 e P_2 vengono spostati verso l'estremo « + », T_3 e T_4 ricevono un segnale in fase con quello presente sull'emettitore di T_1: ne deriva un'esaltazione delle frequenze proprie del filtro. Se, invece, i cursori dei due potenziometri sono spostati l'estremo «-», T_3 e T_4 ricevono un segnale in opposizione di fase con quello di entrata: ne consegue una reazione negativa che provoca l'attenuazione delle frequenze proprie del filtro.
Il modulo è provvisto anche di un circuito di disaccoppiamento e filtraggio dell'alimentazione a transistor ad evitare possibili rigenerazioni per accoppiamenti parassiti attraverso il bus di alimentazione. Grazie a questa precauzione, il modulo può venir collegato, senza problemi, alla alimentazione generale del banco di regia.

Dati tecnici:

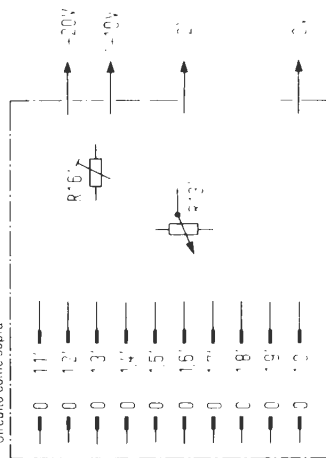
Tensione di alimentazione:	27...30 V
Corrente assorbita:	ca 10 mA
Campo di regolazione:	± 15 dB a 30 Hz
	± 15 dB a 15 kHz
funzionamento lineare:	0,2 dB da 10 Hz a 50 kHz

Segnale di uscita max., ad esaltazione massima: 3 V
Segnale d'uscita max., in funzionamento lineare: 3 V a ingresso 3 V
Distorsione in funzionamento lineare: 0,1%
Distorsione, ad esaltazione max.: 0,15%
Rapporto segnale/rumore ad esaltazione massima: 0,1 mV (80 dB)
Rapporto segnale/rumore, ad attenuazione massima: 80 dB
Resistenza d'uscita: 100 Ω
Semiconduttori impiegati: 13 transistori

Sopra
Fig. 63 Modulo amplificatore sommatore

A destra
Fig. 63a Il modulo amplificatore sommatore visto dal lato componenti

12.3 Amplificatore sommatore

La differenza di potenziale tra ingresso invertente ed ingresso non invertente di un amplificatore operazionale è praticamente nulla quando il suo guadagno, ad anello aperto, è molto elevato (guadagno tipico da 10.000 a 40.000). Si forma così il cosidetto nodo di potenziale, per il quale vale la 1ª legge di Kirchhoff, che dice: «la somma delle correnti confluenti nel nodo è uguale alla somma delle correnti che da questo defluiscono».
Il circuito d'ingresso di questa unità (fig. 63) è costituito appunto da un amplificatore operazionale. Poichè la tensione al nodo è nulla, i singoli segnali d'ingresso, che vi confluiscono, non possono influenzarsi tra loro. «A mescolarsi sono unicamente le correnti confluenti nel nodo»! A mescolarsi, cioè sono unicamente le correnti di ingresso.
Il segnale amplificato dal primo operazionale (IC_1) perviene all'entrata ad alta impedenza del secondo (IC_2) attraverso il regolatore di livello principale R_{13}. Il guadagno del secondo stadio di amplificazione può venir aggiustato entro ± 6 dB mediante il trimmer resistivo R_{16}, facente parte dell'anello di controreazione di IC_2.
L'alimentazione è generosamente disaccoppiata e filtrata dal circuito di disaccoppiamento costituito da T_1, R_{19}, C_6. La doppia alimentazione richiesta dagli operazionali è ottenuta mediante due diodi Zener, D_1 e D_2. L'uscita, che è a bassa impedenza, può venir addotta direttamente ad uno stadio finale di potenza.

Dati tecnici:

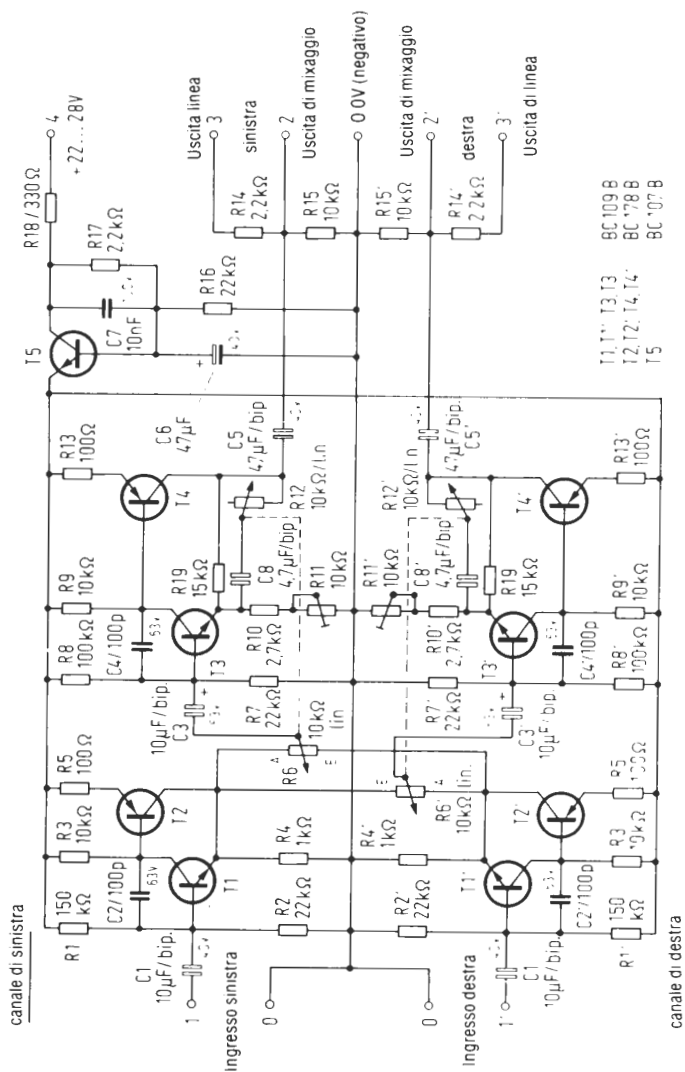
Tensione di alimentazione:	27 V (25...29 V)
Corrente assorbita:	20 mA (12,5...28 mA)
Guadagno:	0,39...15,5 volte
Risposta di frequenza:	10 Hz — 45 kHz — 3 dB
Distorsione	0,1%
Rapporto segnale rumore:	80 dB
Tensione d'ingresso nominale	100 mV; 6,8 kΩ
e resistenze di ingresso:	155 mV; 11 kΩ
	755 mV; 51 kΩ
	1000 mV; 68 kΩ

Tensione d'ingresso massima:	6 V
Tensione d'uscita:	775 mV ± 6 dB
Tensione d'uscita massima:	6 V
Corrente d'uscita massima:	6 mA
Resistenza d'uscita:	1 Ω
Semiconduttori impiegati:	4 × 1 IC 1 transistor, 2 diodi
Dimensioni:	59 × 133 × 40 mm
Peso:	130 g

12.4 Dosatore panoramico e regolatore di larghezza di base

In fig. 64 è riportato lo schema elettrico di un dosatore panoramico, cioè di un dispositivo che consente di spostare artificialmente, in modo continuo, una sorgente audio dal canale di sinistra a quello di destra e viceversa. Agendo sui dosatori a cursore, la regia può variare, con continuità, la posizione spaziale delle varie sorgenti sonore: l'effetto che ne risulta è un movimento spaziale delle medesime.
Nel caso di trasmissione stereofonica, è inoltre possibile variare la larghezza di base, dalla condizione di separazione completa dei canali fino alla condizione di fusione totale, monoaurale, dei medesimi. L'impiego di questo dispositivo in un banco di regia consente pertanto di ottenere effetti sonori estremamente vari ed interessanti.

12.4.1 Modalità di impiego

Agendo sui dosatori, si ottengono i seguenti effetti:
Se i dosatori sono a zero, il segnale d'uscita sarà di tipo stereofonico, con totale separazione dei canali. Spostando i dosatori verso l'alto, la separazione tra i canali diminuisce e, se i dosatori sono a metà corsa, il segnale d'uscita diventa di tipo monoaurale. Oltre questa posizione, il segnale diviene ancora stereofonico, ma i canali risultano invertiti tra loro. In altre parole, questo dispositivo permette di scambiare con continuità la posizione reciproca delle sorgenti sonore captate dai microfoni. Ne consegue un effetto cosidetto «panoramico». È impor-

Fig. 64 Schema elettrico del dosatore panoramico e di larghezza di base (RIM)

tante notare che, col circuito di fig. 64, questa regolazione avviene senza che si alteri il volume o la larghezza di base della riproduzione, parametri questi che rimangono inalterati.

12.4.2 Descrizione del circuito

Tramite due inseguitori di tensione a bassissima impedenza d'uscita, i segnali applicati agli ingressi arrivano ai due regolatori di larghezza di base. A seconda della loro regolazione, all'amplificatore successivo, di compensazione, giunge unicamente il segnale di destra, il segnale di sinistra, oppure un segnale composito, formato dalla sovrapposizione dei due. Poichè la sensazione di intensità sonora dipende dall'energia presente nei due canali, occorre far sì che questa rimanga inalterata, indipendentemente dalla regolazione dei due potenziometri. Ciò è stato ottenuto mediante un circuito il cui guadagno è funzione iperbolica della posizione dei dosatori. L'amplificatore che segue guadagna 1 in posizione «stereo» ed 1,4 in posizione «mono».

L'uscita è a bassa impedenza e galvanicamente isolata per mezzo di un condensatore bipolare. Grazie a questa precauzione, i moduli seguenti possono venir connessi a questa unità senza che insorgano problemi relativi alla polarità del condensatore di accoppiamento.

Dati tecnici:

Tensione di alimentazione:	22...28 V
Corrente assorbita:	ca 7 mA
Modo di funzionamento:	stereo-mono-stereo, interscambiati
Guadagno:	1:1
Risposta in frequenza:	20 Hz...60 kHz — 0,5 dB
Distorsione:	0,1%
Rapporto segnale rumore:	85 dB riferito a 0 dB
Tensione di ingresso massima:	1,4 V
Resistenza di ingresso:	20 kΩ
Resistenza d'uscita:	4 Ω a 1000 Hz
Semiconduttori impiegati:	9 transistori al silicio
Dimensioni:	59 × 133 × 45 mm
Peso	140 g

12.5 Unità di riverbero con correzione automatica di risposta

La RIM Electronic ha sviluppato anche un modulo generatore di riverbero che va sotto la denominazione «RIM Profi-Hall». Questa contiene diversi dispositivi circuitali, essenziali per l'ottenimento di una buona qualità di riproduzione.
Come risulta dalla fig. 65, questo modulo utilizza un'unità di ritardo a molle di alta qualità, i relativi amplificatori d'entrata ed uscita, nonchè un alimentatore stabilizzato.

12.5.1 L'amplificatore eccitatore

L'amplificatore eccitatore è provvisto, oltre che di un'entrata a 0 dB, a connettore DIN-normalizzato, anche di un complesso di 10 ingressi di corrente separati (ingresso nodale); questi consentono di applicare all'unità di riverbero 10 diverse sorgenti audio, mescolabili tra loro senza interazione reciproca, provenienti da altrettanti preamplificatori.
Il primo amplificatore operazione funge da sommatore; il secondo da correttore di risposta e da pilota per l'amplificatore eccitatore vero e proprio. Questo è costituito da uno stadio in configurazione differenziale seguito da due transistori complementari (T_6 e T_7) che alimentano la bobina eccitatrice dell'unità di ritardo. Lo stadio complementare è servito da un generatore di corrente costante (T_4, D_2) al quale è affidata la correzione automatica di risposta. Infatti, per effetto di questo, la corrente che attraversa la bobina eccitatrice rimane costante al variare della frequenza del segnale pilota.

12.5.2 L'unità di ritardo

L'unità di ritardo (Hammond, mod. 4 C) è alloggiata in un contenitore metallico ed è costituita da una coppia di molle elicoidali tese in un apposito telaio; il tipo di sospensione è tale

R43
R44
10 × 22k
R45
R46
R47
R48
R49
R50
R51
R52
KP
Ingresso
775 mV (0 dB)
R53
22k
C1
2,2µ
R1
22k
+15V
IS1
741
-15V
R54
22k
R2
100k
R3
100k
100p
C3
R4
150k
R5
27k
C2
560p
R6
100k
+15V
IS2
-15V
741
C4
2,2µ
bip.
C23
68p
R8
680
T3
BC177
R11
10
C5
560p
T2
BC107
T1
BC107
R7
10k
R9
4,7k
D1
ZPD10
R10
5,6k
R12
3,3k
C6
47µ
a
b
c
d
E'
+15V
BC415 B
R23
100k
R26
39k
R27
100
C13
2,2µ bip
R30
100k
T13
BC415 B
R32
100
2,2µ bip
C11
R34/33k
e
T8
BC414 B
T9
BC414 B
R25
2,7k
C12
2,2µ bip
T11
T12
R33
3,3k
C14
2,2µ bip
R22
47k
R24
15k
R28
5,6k
R29
47k
R31
15k
R35
5,6k
-15V
2× BC414 B
2 × 24V/50mA
+30V
Trafo1
Trafo2
B80
C800
C19
1000µ
C20
1000µ
-30V
R41
2,7k
D5
ZPD15
D6
ZPD15
R42
2,7k
C21/100µ
C22/100µ
T14
BSY54
2N2904
T15
+15V
15V
220V~
Si
0,1A mtr.

Fig. 65 Unità di riverbero con correzione automatica di risposta (RIM profis)

che il sistema risulta notevolmente insensibile alle vibrazioni esterne. Il tempo di riverbero è di circa 2 secondi.

12.5.3 L'amplificatore captatore

Anche questo amplificatore è di tipo differenziale; ciò consente di ottenere una bassa distorsione ed un buon rapporto segnale/rumore. Il segnale amplificato da questo stadio è applicato all'amplificatore separatore IC_3, cui segue un filtro attivo (IC_4), preposto alla soppressione del soffio di fondo. Dall'uscita a bassa impedenza, il segnale va nuovamente immesso nella catena di amplificazione.

12.5.4 L'alimentatore

I due sistemi amplificatori, di eccitazione e captatore, richiedono la doppia alimentazione, positiva e negativa. Le due tensioni di alimentazione vengono fornite dagli stabilizzatori costituiti dai transistori T_{14} e T_{15} e dagli Zener D_5 e D_6.

Dati tecnici:

Sensibilità d'ingresso:	0 dBm (775 mV)
Resistenza d'ingresso:	100 kΩ
Guadagno globale:	1
Resistenza d'uscita:	1 Ω
Risposta in frequenza:	30 Hz — 5 kHz
Tempo di ritardo:	37 msec
Tempo di riverbero:	2 sec
— correzione automatica di risposta	
— alimentazione incorporata	
Dimensioni del contenitore:	425 × 111 × 80 mm
Peso:	1,6 kg

12.6 Applicazioni pratiche

Gli esempi che seguono illustrano come realizzare banchi di regia «su misura» utilizzando le unità modulari fin qui descritte

Fig. 65a L'unità di riverbero completa (RIM-Profihall), con amplificatore d'entrata ed uscita e relativo alimentatore entrocontenuti.

(vedi paragrafo 7.1) che sono elettricamente e meccanicamente compatibili tra loro.

12.6.1 Banco di regia a 4 o 8 canali con correzione di tono su ogni canale

In fig. 66 è riportato lo schema a blocchi di un banco di regia progettato per la miscelazione di quattro sorgenti di programma e, precisamente, di 3 microfoni e di una sorgente audio ad alto livello. Questa può essere costituita da un tuner UHF, da un registratore a nastro o a cassetta, o da un complesso fonografico, con livelli compresi tra 100 e 700 mV.
Ciascun canale è provvisto di correzione di tono indipendente, per cui il timbro di tutte le sorgenti di programma può venir individualmente manipolato.
I quattro canali confluiscono nell'amplificatore sommatore, senza che si verifichi attenuazione per effetto delle resistenze di disaccoppiamento. Grazie all'impiego dell'amplificatore operazionale, la diafonia tra i singoli canali è ridotta al minimo.

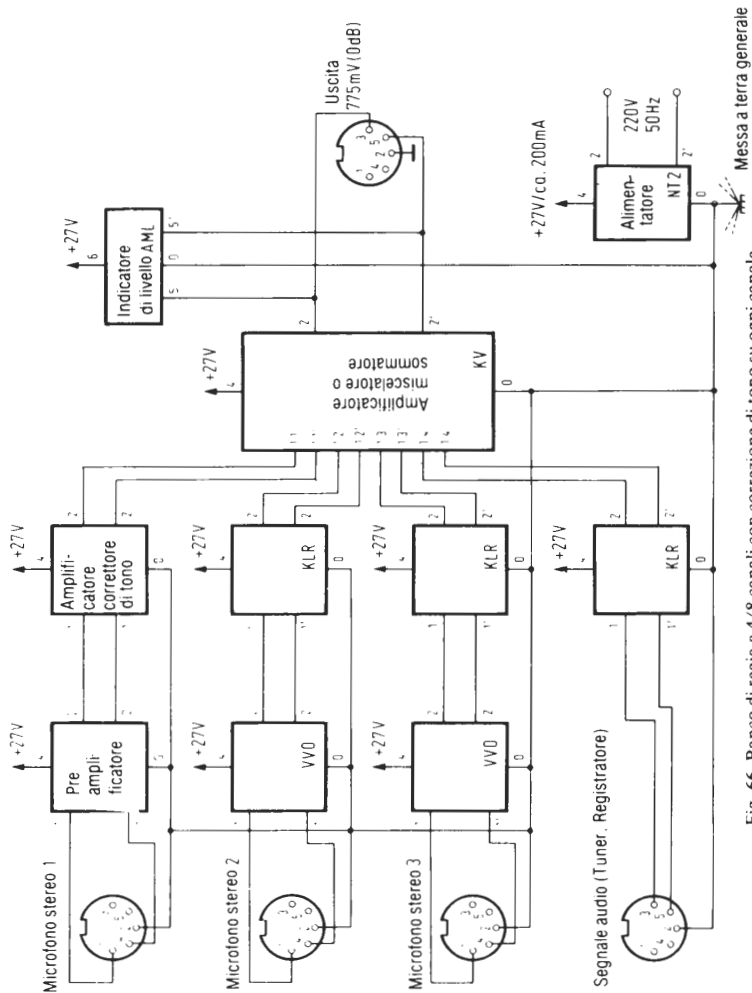



Fig. 66 Banco di regia a 4/8 canali con correzione di tono su ogni canale

L'amplificatore sommatore KV (2.2) fornisce un segnale d'uscita su bassa impedenza. In questo banco di regia il controllo del livello d'uscita è affidato ad uno strumento indicatore ad accoppiamento optoelettronico. Per l'alimentazione, è necessario disporre di una tensione molto ben filtrata (ondulazione < 1 mV) a 27 V/200 mA.

12.6.2 Banco di regia a 3 o 6 canali con dosatore panoramico

Il banco di regia schematizzato in fig. 67 è particolarmente adatto al regista che, nel corso della registrazione, voglia modi-

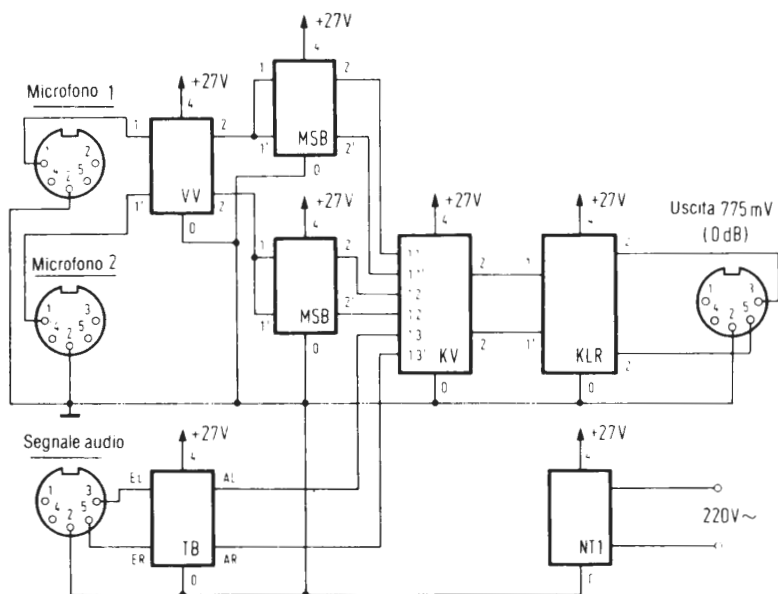



Fig. 67 Banco di regia panoramico a 3 canali

ficare con continuità la posizione spaziale dei segnali captati da due microfoni monoaurali. Per mezzo dell'unità panoramica, sia il microfono 1 che il microfono 2 possono venir acusticamente spostati dal canale di destra al canale di sinistra, o viceversa, del canale stereo, oppure possono venir individualmente attenuati o anche disposti al centro della base, cioè al centro dei due canali. Ulteriori movimenti acustici si possono ottenere avvicinando o allontanando artificialmente i due microfoni tra loro, mediante i regolatori panoramici.
L'adozione di due trasformatori d'impedenza (fig. 68) indipendenti, uno per canale, consente di adattare all'ingresso del banco di regia sorgenti audio diverse quanto a livello ed impedenza interna. Questi trasformatori di impedenza, che sono muniti sia di regolatori di livello semifissi che di dosatori a cursore, permettono di ottimizzare l'adattamento tra sorgente di segnale e ingresso mixer, evitando ogni possibile sovrapilotaggio. Inoltre il volume sonoro può venir regolato in modo continuo, a seconda delle necessità contingenti del processo di mixaggio.
L'amplificatore sommatore dà la possibilità al regista di effettuare il dosaggio panoramico, senza introdurre nella catena attenuazioni di rilievo.
Per la correzione dei toni, indipendente canale da canale, il se-

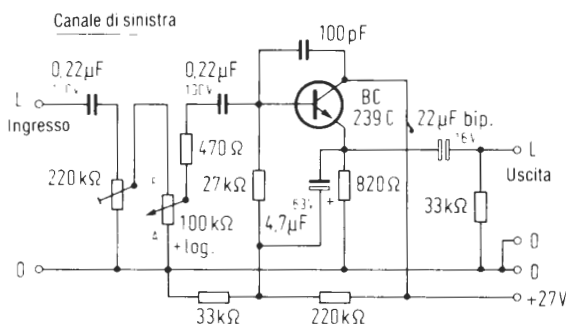



Fig. 68 Elemento di entrata ad adattamento di impedenza (RIM)

gnale stereo viene applicato all'unità correttrice di tono KLR; il segnale, ricavabile dal suo connettore normalizzato d'uscita è a livello 0 dB. Per l'alimentazione sono necessari 27 V e 200 mA. L'unità di alimentazione adatta è quella illustrata a fig. 58.

13 Contenitori

Il reperimento di contenitori adatti ai nostri scopi non costituisce oggi un problema. La loro autocostruzione risulta addirittura più costosa dell'acquisto di contenitori già pronti. Per quanto concerne i piccoli mixer in esecuzione compatta, l'industria specializzata offre una vasta gamma di scatole in materia plastica sia del tipo parallelepipedo che del tipo a leggio.
Contenitori per piccoli apparati, in plastica di forma moderna ed elegante, sono ottenibili anche in esecuzione bicolore; il pannello frontale e quello posteriore, sui quali andranno fissati potenziometri, dosatori, commutatori, connettori, spie luminose, ecc., fanno corpo unico col telaio e consentono una buona accessibilità all'interno del contenitore per montarvi il circuito stampato ed i vari componenti circuitali; infatti entrambe le fiancate laterali si possono smontare dal telaio, mentre il coperchio viene fissato con delle viti. Le dimensioni dei contenitori standard sono le seguenti:

Contenitore piatto	L (mm)	B (mm)	H (mm)
I	100	50	25
II	120	65	40
III	150	80	50
IV	188	110	60

Per realizzazione di piccoli mixer in esecuzione compatta si adattano anche i contenitori in materia plastica con pannello frontale in alluminio. Questi contenitori sono costituiti da un pannello di 1 mm di spessore e da una custodia in plastica. Il materiale di cui sono fatti si lascia lavorare con estrema facilità. Questo tipo di contenitori è reperibile nelle seguenti dimen-

Fig. 69 Contenitori a leggio (Teko)

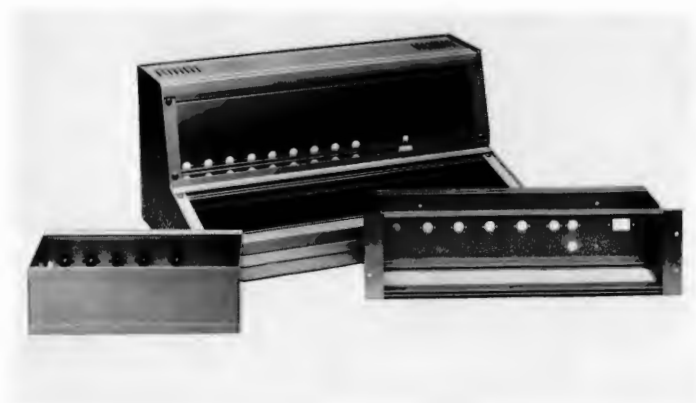



Fig. 70 Contenitori per banchi di regia in diverse esecuzioni, vuoti, adatti per l'assiemaggio di unità modulari normalizzate.

sioni: 50 × 80 × 30, 65 × 105 × 40, 90 × 155 × 50 e 125 × 210 × 70 mm.
Per la costruzione di piccoli mixer in esecuzione compatta si adattano anche i contenitori del tipo a leggio, che sono ottenibili a prezzi veramente modesti. La loro struttura, con il pannello frontale in alluminio da 1 mm, inclinato di 15°, consente una comoda manovrabilità dei dosatori a cursore, dei potenziometri a rotazione, commutatori, interruttori, ecc., ed una buona visibilità degli eventuali strumenti indicatori (VU-meter,

ecc.) disposti sul pannello. L'interno del contenitore è provvisto di sostegni e guide per il fissaggio del o dei circuiti stampati. Il contenitore è dotato anche di piedini in plastica. La fig. 69 mostra alcuni bellissimi contenitori a leggio, in materia plastica, della Teko. Questi vengono forniti nelle seguenti dimensioni:

tipo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	peso (g)
362	160	45	45	60	40	150
363	215	130	65	75	45	300
364	310	170	65	85	50	500

Abbreviazioni usate nel testo

R_L resistenza di carico
I_E corrente d'ingresso
I_A corrente d'uscita
V_E tensione d'ingresso
V_A tensione d'uscita
E ingresso
A uscita

Indice analitico

Avvertenza

I circuiti e i procedimenti riprodotti in questo volume sono rivolti esclusivamente ai dilettanti e agli studenti e non possono venir utilizzati industrialmente.
Tutti i circuiti di questo libro sono stati realizzati dall'autore con molta cura e riprodotti solo dopo accurati controlli. Tuttavia l'editore dichiara di non assumere alcuna responsabilità, nè di dare alcuna garanzia, relativamente alle conseguenze derivanti da dati o indicazioni erronee.
L'editore sarà riconoscente per la segnalazione di qualunque tipo di errore riscontrato nel volume.

manuali
di
elettronica
applicata

collana diretta da mauro boscarol

libri pubblicati

1 Pelka - Il libro degli orologi elettronici L. 4.400
2 Renardy/Lummer - Ricerca dei guasti nei radioricevitori (2ª ed.) L. 4.000
3 Pelka - Cos'è un microprocessore (2ª ed.) L. 4.000
4 Büscher/Wiegelmann - Dizionario dei semiconduttori L. 4.400
5 Böhm - L'organo elettronico L. 4.400
6 Kühne/Horst - Il libro dei circuiti HiFi L. 4.400
7 Bochum/Dögl - Guida illustrata al TVcolor service L. 4.400
8 Schneider - Il circuito RC L. 3.600
9 Sehrig - Alimentatori con circuiti integrati L. 3.600
10 Mende - Il libro delle antenne: la teoria L. 3.600
11 Horst - Elettronica per film e foto L. 4.400
12 Sutaner/Wissler - Il libro dell'oscilloscopio L. 4.400
13 Wirsum - Il libro dei miscelatori L. 4.800

libri di prossima pubblicazione

Mende - Il libro delle antenne: la pratica
Benda - Circuiti a semiconduttori
Lewandowski - Analisi e progetto di sistemi
Ratheiser/Pichler - Optoelettronica

ISBN 88-7021-074-X
L. 4.800 (4.528)

radio tv